

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Autor

Andreia Teixeira Santos

Dissertação de Mestrado

Orientação:

Prof. Luís Andrade Ferreira, FEUP

Eng. Nuno Lopes, HAAS



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Porto, junho de 2019

Página intencionalmente em branco

Resumo

O projeto de um equipamento mecânico deve ter em consideração todas as fases do ciclo de vida do mesmo. A engenharia de projeto não se confina às fases de concepção e desenvolvimento do produto na medida em que, deve ser direcionada para uma produção simples e económica e para uma manutenção para a fiabilidade e segurança. Desta forma, é possível criar, dentro de uma economia circular, um produto eficiente, rentável, fiável e seguro que cumpra as especificações, cada vez mais exigentes, dos clientes.

Nesta dissertação é realizada a otimização de um ante-projeto de um cabeçote de torno de 6 velocidades tendo em vista a sua maquinagem e o seu ciclo de vida. Para isso, começou-se por analisar o projeto inicial existente e definir as alterações a efetuar. Tendo em conta os novos requisitos do projeto removeu-se o mecanismo de inversão mecânica da velocidade, o que obrigou a refazer o cálculo da cadeia cinemática e do dimensionamento dos veios do equipamento. Para que estes cálculos fossem realizados considerando um grande número de variáveis a otimizar, utilizou-se o software KISSsoft®. Após o dimensionamento estar realizado, procedeu-se à criação dos desenhos de definição dos componentes a fabricar, onde foi efetuado o toleranciamento dos mesmos. Também se realizaram os desenhos da matéria-prima para maquinagem (desenhos de corte e fundição) e definiram-se os processos de fabrico das peças a produzir. Assim, foi necessário selecionar as máquinas a utilizar. Escolheu-se uma peça a maquinar (veio do seletor do mecanismo de seleção de base) e definiu-se todo o seu processo de fabrico, desde o corte da matéria-prima, à sequência de maquinagem e definição da máquina a utilizar, das ferramentas necessárias e dos parâmetros de corte. Seguidamente, foram criadas folhas de fabrico para os componentes a produzir que englobam todo o processo produtivo da peça em questão. Por fim, aplicou-se o método de análise crítica de falhas, FMECA, a um subsistema do cabeçote (módulo de entrada de potência). Aí, são explicadas as várias etapas do método e indicados os modos de falha, as suas causas e efeitos e a criticidade de cada um, para cada componente do módulo.

Terminada a dissertação foi possível concluir que é difícil, e em certos casos, impossível, conseguir satisfazer a totalidade dos requisitos inerentes a um equipamento que possui vários modos de operação. É crucial, portanto, que exista alguma flexibilidade na otimização dos componentes, existindo um compromisso entre os vários requisitos. Finalmente, conclui-se que, projetar um equipamento tendo em conta a sua fiabilidade, disponibilidade, manutenção e segurança, permite, através da manutenção baseada na análise crítica dos efeitos e modos de falha do equipamento, garantir boas condições de funcionamento do mesmo, ao longo de toda a sua vida.

6-speed lathe head: study of the production process, regarding its machining and life cycle

Abstract

The design of a mechanical equipment should take into account all of its life cycle phases. Project engineering is not confined to the project design and development stages, it shall be directed towards a simple and economical production and maintenance for reliability and safety. In this way, an efficient, cost-effective, reliable and secure product can be made, meeting customers' increasingly demanding specifications.

This masters dissertation is about the optimization of a pre-project of a lathe head of 6 speed, regarding its machining and its life cycle. To do this, I began by analyzing the initial project and defining the changes to be made. Regarding the new requirements of the project, the mechanical speed inversion mechanism was removed, which forced the re-calculation of the kinematics chain and the dimensioning of the equipment shafts. In order to have these calculations performed considering a large number of variables to be optimized, KISSsoft® software was used. After the sizing was carried out, the design drawings of the components necessary to manufacture were made, including their tolerance. The designs of the raw material for machining (cutting and casting drawings) were also made and the manufacturing processes of the pieces to be produced were defined. So, it was necessary to select the machines to be used. A part to be machined (selector shaft of the base selection mechanism) was chosen and its entire manufacturing process was defined, from the cutting of the raw material, to the machining sequence and definition of the machine to be used, the tools needed and the cutting parameters. Next, manufacturing sheets have been created for the components to be produced which included the entire production process of the part. Finally, the critical failure analysis method, FMECA, was applied to a lathe head subsystem (power input module). The various steps of the method are explained, the failure modes, their causes and effects and the criticality of each one are indicated for each of the module component.

Finished this thesis, it was possible to conclude that it is difficult, and in certain cases even impossible, to be able to satisfy all the requirements inherent to an equipment that has several modes of operation. Therefore, it is crucial to have some flexibility in the optimization of components, and a compromise between the various requirements. Finally, it is concluded that, by designing an equipment based on its reliability, availability, maintainability and safety, it allows, through maintenance based on critical analysis of the effects and failure modes of the equipment, to ensure good operating conditions throughout its life.

Agradecimentos

Ao meu orientador na FEUP, Professor Luís Andrade Ferreira, por ter proposto um tema tão desafiante e pouco abordado e pelo apoio e orientação dados ao longo da realização desta dissertação, bem como pela disponibilidade com que sempre me recebeu.

Ao meu orientador na HAAS Automation Inc., Eng. Nuno Lopes, pela disponibilidade em abraçar o projeto e pelo apoio e orientação que me foram dados.

À empresa HAAS Automation Inc., na pessoa do Sr. Eng. Carlos Vilas Boas por aceitar realizar esta dissertação em parceria com a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Aos funcionários da empresa HAAS Automation Inc., que sempre demonstraram acolhimento, simpatia e disponibilidade para me ajudar a superar todas as dificuldades. Dirijo um agradecimento especial, ao responsável Helpline, Óscar Pereira, pela amabilidade e pelo auxílio prestado no esclarecimento de dúvidas práticas e pelo acompanhamento na execução do componente fabricado; à coordenadora pedagógica, Teresa Carneiro, pelos bons conselhos dados e pelo carinho demonstrado.

Aos professores Jorge Seabra e Carlos Fernandes pelo esclarecimento de dúvidas sobre o software KISSsoft®, e aos professores José António Almacinha e Paulo Tavares de Castro pela disponibilização de material de consulta.

À Dr.^a Edite Margarida Silva Ferreira, pela amizade e pelo tempo dedicado à revisão final deste trabalho.

Ao António Carneiro, autor do projeto inicial, pela atenção dispensada no esclarecimento de dúvidas.

Aos meus amigos, que me acompanharam ao longo destes 5 anos, por serem um porto de abrigo.

Ao meu namorado, Mauro Domingues, pelo suporte, compreensão e paciência demonstrados ao longo destes 4 meses de realização da dissertação. E ainda, pela motivação e calma transmitidas.

À minha família, em especial aos meus pais, Maria da Glória Santos e Manuel Mário Santos, por terem sempre acreditado nos meus objetivos, por me incentivarem a nunca desistir e por me ensinarem a lidar com a pressão nos momentos mais difíceis. Agradeço ainda, a paciência, a compreensão, a ajuda e o amor que nunca se privaram de dar.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	2
1.2	HAAS Automation, Inc.	2
1.3	Objetivos	3
1.4	Metodologia do projeto	4
1.5	Estrutura da dissertação	4
2	Estado da Arte	7
2.1	Processos de fabrico	7
2.2	Corte	8
2.2.1	Corte por serrote	8
2.3	Maquinagem	10
2.3.1	Torneamento	15
2.3.2	Fresagem	18
2.3.3	Furação	20
2.3.4	Aplainamento, Desbaste e Brochagem	23
2.3.5	Retificação	25
2.4	Maquinagem de engrenagens	27
2.5	Fundição	31
2.6	RAMS, FMEA e FMECA	34
2.7	Trabalhos antecedentes	37
3	Cabeçote de torno de 6 velocidades com possibilidade de inversão mecânica de velocidade	39
3.1	Definição e requisitos do projeto	39
3.2	Solução apresentada	39
4	Nova Solução	45
4.1	Alterações gerais efetuadas	45
4.2	Definições inalteradas	46
4.3	Cadeia cinemática	47
4.4	Dimensionamento dos veios	57
4.4.1	Seleção dos rolamentos	62

4.4.2	Seleção dos elementos de ligação aos veios	67
4.4.3	Dimensionamento à flecha	69
4.4.4	Verificação à fadiga	81
4.5	Lubrificação e acessórios	97
4.6	Aspetos construtivos e toleranciamento	98
4.6.1	Vedação	100
4.6.2	Trens de seleção	101
4.6.3	Mecanismos de seleção	103
4.6.4	Rolamentos	109
4.6.5	Powerlocks	116
4.6.6	Rodas dentadas	117
4.6.7	Casquilhos	117
4.6.8	Tampas	118
4.6.9	Cárter	118
4.6.10	Outros componentes	120
4.7	Sequência de montagem e desmontagem	120
4.7.1	Sequência de montagem	120
4.7.2	Sequência de desmontagem	127
5	Processos de fabrico	131
5.1	Codificação dos componentes	131
5.2	Seleção do equipamento	133
5.2.1	Corte	133
5.2.2	Maquinagem	136
5.2.3	Retificação	140
5.3	Tratamentos térmicos	140
5.4	Revestimentos superficiais	140
5.5	Folhas de fabrico	141
6	Maquinagem do componente CTMBSH	143
7	Implementação da FMECA a um subsistema do projeto	153
7.1	Etapas da metodologia FMECA	153
7.1.1	Seleção do equipamento a ser analisado	153

7.1.2	Criação do diagrama hierárquico de blocos	154
7.1.3	Definição da função de cada componente	154
7.1.4	Identificação dos potenciais modos de falha	154
7.1.5	Determinação da taxa de falhas para cada modo de falha	154
7.1.6	Identificação das causas de cada modo de falha	155
7.1.7	Análise dos efeitos de cada modo de falha	155
7.1.8	Atribuição da categoria de severidade a cada modo de falha	155
7.1.9	Determinação da criticidade de cada modo de falha	155
7.1.10	Ordenação dos modos de falha	157
7.1.11	Indicação de ações de correção e prevenção	157
7.2	Aplicação da FMECA ao subsistema	157
8	Conclusões e Trabalhos Futuros	167
8.1	Conclusões	167
8.2	Trabalhos Futuros	168
	Referências	169
	Anexos	173
	ANEXO A: Informação técnica do motor selecionado	175
	ANEXO B: Informação técnica do acoplamento flexível	179
	ANEXO C: Informação técnica da bucha	181
	ANEXO D: Informação retirada da norma DIN 804	183
	ANEXO E: Ficha técnica do aço RPM32 da RAMADA Aços®	185
	ANEXO F: Ficha técnica do Óleo Mobilgear 600 XP 320	187
	ANEXO G: Tabelas da norma BS ISO 6336-1 para a escolha do fator de aplicação, K_A	189
	ANEXO H: Ficha técnica do aço F10 da RAMADA Aços®	191
	ANEXO I: Ficha técnica dos rolamentos selecionados	193

ANEXO J: Ficha técnica da Powerlock selecionada	197
ANEXO K: Informações técnicas sobre os vedantes da FREUDENBERG	199
ANEXO L: Ficha técnica do aço ST-52 da RAMADA Aços®	203
ANEXO M: Informação técnica sobre revestimentos superficiais: CIN	205
ANEXO N: Especificações técnicas do torno HAAS CNC ST10Y	215
ANEXO O: Folhas de Fabrico	217
ANEXO P: Tabelas auxiliares para a FMECA	221
ANEXO Q: Relatórios produzidos pelo KISSsoft® para o trem 1 (rodas Z1 e Z2) e para o veio intermédio	225
ANEXO R: Desenhos de Definição, de Modelo, de Corte e de Montagem dos componente do cabeçote e Desenho de Conjunto do equipamento	227
ANEXO S: Noções de programação CNC - Código G	229

Lista de Figuras

Figura 1	Logo da HAAS Automation, Inc.[2].	3
Figura 2	Cronograma.	4
Figura 3	Diagrama de processos de fabrico [4].	7
Figura 4	Fluxo de fabrico de um componente do projeto.	8
Figura 5	Operação de corte com serrote alternativo (Adaptado de [5]).	9
Figura 6	Serrote Alternativo [6].	9
Figura 7	Operação de corte com serrote circular (Adaptado de [5]).	9
Figura 8	Serrote Circular [6].	9
Figura 9	Operação de corte com serrote de fita vertical (Adaptado de [5]).	10
Figura 10	Serrote de fita horizontal [6].	10
Figura 11	Modelo de Corte Ortogonal, esquema de geração e remoção da apara [4]. .	12
Figura 12	Corte Ortogonal, relação entre o modelo a três e a duas dimensões [4]. .	12
Figura 13	Ferramenta com ângulo de ataque negativo [4].	12
Figura 14	Forças que a ferramenta exerce sobre a apara [4].	13
Figura 15	Forças que a peça exerce sobre a apara [4].	13
Figura 16	Forças que atuam na ferramenta mensuráveis [4].	14
Figura 17	Círculo de Merchant [4].	14
Figura 18	Operação de torneamento [4].	16
Figura 19	Torno Convencional [13].	16
Figura 20	Diferentes operações de torneamento e respectivas ferramentas (Adaptado de [14]).	17
Figura 21	Exemplo de Fresadora: fresadora horizontal de joelho [16].	18
Figura 22	Exemplo de fresagem periférica ou tangencial [4].	19
Figura 23	Fresagem Concordante (Adaptado de [5]).	19
Figura 24	Fresagem Discordante (Adaptado de [5]).	19
Figura 25	Exemplo de fresagem frontal ou de topo [5].	20
Figura 26	Fresagem Frontal: (a)fresagem frontal convencional; (b)fresagem frontal parcial; (c)fresagem de topo (Adaptado de [4]).	20
Figura 27	Operação de furação [4].	21
Figura 28	Exemplo de furadora: furadora de coluna [19].	22
Figura 29	Diferentes operações de furação e respectivas ferramentas [17].	22
Figura 30	Operações de: (a) Desbaste e (b) Aplainamento (Adaptado de [5]).	24

Figura 31	Formas obtidas por desbaste ou aplainamento: (a) ranhura em v; (b) ranhura quadrada; (c) ranhura em T; (d) ranhura angular; (e) dentes de engrenagens [5]. . .	24
Figura 32	Formas obtidas por brochagem: (a) exterior e (b) interior [5].	24
Figura 33	Brochadora vertical [20].	25
Figura 34	Operação de brochagem (Adaptado de [5]).	25
Figura 35	Retificadora cilíndrica universal [21].	25
Figura 36	Diferentes tipos de retificação plana: a) eixo horizontal com mesa plana de movimento linear, b) eixo horizontal com mesa rotativa, c) eixo vertical com mesa plana de movimento linear, d) eixo vertical com mesa rotativa (Adaptado de [5]).	26
Figura 37	Retificação cilíndrica exterior (Adaptado de [5]).	27
Figura 38	Retificação cilíndrica interior (Adaptado de [5]).	27
Figura 39	Retificação de engrenagens [21].	27
Figura 40	Exemplo do processo de formação por fresa módulo (Adaptado de [5]). . .	28
Figura 41	Fresa-mãe ou ferramenta tipo caracol (<i>HOB</i>) [22].	29
Figura 42	Operação de maquinação de engrenagens por fresa-mãe ou ferramenta tipo caracol (Adaptado de [23]).	29
Figura 43	Operação de " <i>Shaping</i> ": do lado esquerdo da imagem através de buril-pinhão e do lado direito através de cremalheira [24].	30
Figura 44	Diferença entre " <i>Hobbing</i> " e " <i>Shaping</i> " em relação ao espaço necessário para a saída da ferramenta [22].	30
Figura 45	Geração de dentado exterior por " <i>Invomilling</i> " [26].	31
Figura 46	Geração de dentado interior por " <i>Power Skiving</i> " [27].	31
Figura 47	Ciclo de vida de um produto (Adaptado de [34]).	35
Figura 48	Fluxograma em V do processo RAMS (Adaptado de [33]).	36
Figura 49	Etapas da metodologia FMECA resumidas numa folha de FMECA (Adaptado de [36]).	37
Figura 50	Legenda esquemática de um torno convencional [14].	39
Figura 51	Diagrama de estrutura para mecanismo de seleção de base de 3 velocidades [37].	41
Figura 52	Esquema representativo do mecanismo de inversão mecânica do movimento [37].	42
Figura 53	Cadeia cinemática do cabeçote de 6 velocidades com inversão de marcha, evidenciando a disposição axial dos mecanismos na solução final [37].	44
Figura 54	Dimensões da cremalheira geradora com geração de <i>tip relief</i> [44].	51
Figura 55	Diagrama de velocidades para a solução final.	52

Figura 56	Disposição axial final dos mecanismos de seleção e respetiva cadeia cinemática do cabeçote de 6 velocidades.	53
Figura 57	Ângulos de posicionamento dos 3 veios necessários para o dimensionamento dos veios no KISSsoft®.	58
Figura 58	Definição do posicionamento relativo dos veios segundo o KISSsoft®. . .	58
Figura 59	Sentido de rotação dos 3 veios quando o veio de entrada roda em sentido:	60
Figura 60	Dimensionamento do veio de entrada através do <i>Cálculo de eixos-árvore</i> do KISSsoft®.	61
Figura 61	Dimensionamento do veio intermédio através do <i>Cálculo de eixos-árvore</i> do KISSsoft®.	62
Figura 62	Dimensionamento da árvore através do <i>Cálculo de eixos-árvore</i> do KISSsoft®. 62	
Figura 63	Diagrama de corpo livre do veio de entrada na sua situação crítica, isto é, engrenamento do Trem 1 com o veio a rodar no sentido anti-horário.	71
Figura 64	Diagrama de corpo livre do veio intermédio na sua situação crítica, isto é, engrenamentos do Trem 1 e do Trem 4, com o veio a rodar no sentido anti-horário. 71	
Figura 65	Diagrama de corpo livre da árvore do cabeçote na sua situação crítica, isto é, engrenamento do Trem 4 quando o Trem 1 se encontra engrenado, com a árvore a rodar no sentido horário.	72
Figura 66	Deslocamentos segundo os 3 eixos e deslocamento combinado x-z, para o veio intermédio no caso:	75
Figura 66	Deslocamentos segundo os 3 eixos e deslocamento combinado x-z, para o veio intermédio no caso: (continuação)	76
Figura 66	Deslocamentos segundo os 3 eixos e deslocamento combinado x-z, para o veio intermédio no caso: (continuação)	77
Figura 66	Deslocamentos segundo os 3 eixos e deslocamento combinado x-z, para o veio intermédio no caso: (continuação)	78
Figura 66	Deslocamentos segundo os 3 eixos e deslocamento combinado x-z, para o veio intermédio no caso: (continuação)	79
Figura 66	Deslocamentos segundo os 3 eixos e deslocamento combinado x-z, para o veio intermédio no caso: (continuação)	80
Figura 67	Expressões para o cálculo das tensões admissíveis à fadiga segundo o caso 2 da norma DIN 743 [49].	82
Figura 68	Expressões para o cálculo das tensões admissíveis à cedência segundo a norma DIN 743 [49].	83
Figura 69	Expressões para o cálculo da resistência à fadiga influenciada por efeitos de tamanho e acabamentos superficiais segundo a norma DIN 743 [49].	83
Figura 70	Expressões para o cálculo dos coeficientes K_σ e K_τ segundo a norma DIN 743 [49].	83

Figura 71	Diagramas de momentos, torsor e fletores, para o veio intermédio no caso:	91
Figura 71	Diagramas de momentos, torsor e fletores, para o veio intermédio no caso: (continuação)	92
Figura 71	Diagramas de momentos, torsor e fletores, para o veio intermédio no caso: (continuação)	93
Figura 71	Diagramas de momentos, torsor e fletores, para o veio intermédio no caso: (continuação)	94
Figura 71	Diagramas de momentos, torsor e fletores, para o veio intermédio no caso: (continuação)	95
Figura 71	Diagramas de momentos, torsor e fletores, para o veio intermédio no caso: (continuação)	96
Figura 72	Grau de viscosidade ISO em função do parâmetro do lubrificante e da temperatura de serviço [37].	98
Figura 73	Tabela com indicação de valores de tolerâncias geométricas para aplicações correntes [51].	99
Figura 74	Localização do respetivo vedante labial:	100
Figura 75	Tampa frontal da árvore com ranhuras de vedação.	101
Figura 76	Solução construtiva do trem móvel do mecanismo de:	102
Figura 77	Ligação entre a biela e o trem do mecanismo de:	104
Figura 78	Vista em corte do mecanismo de seleção base.	104
Figura 79	Posicionamento das esferas de seleção sobre o prato de seleção [37].	105
Figura 80	Posição inicial das bielas dos dois mecanismos de seleção, à esquerda o mecanismo de seleção de base, à direita o mecanismo de 1ª seleção.	105
Figura 81	Representação da parte de comando dos mecanismos de seleção.	106
Figura 82	Esquema da posição das manivelas para a velocidade:	108
Figura 83	Tabela de condições de rotação e carga para rolamentos da SKF® [46].	109
Figura 84	Relação entre a interferência Δ_H necessária para um veio oco e a interfe- rência Δ_S para um veio maciço com o mesmo diâmetro externo.	111
Figura 85	Tabela de valores indicativos da rugosidade das superfícies de assento dos rolamentos segundo a SKF® [46].	116
Figura 86	Manga de apoio dos rolamentos de rolos cónicos com nervuras.	119
Figura 87	Vistas dos septos interiores para alojamento dos rolamentos:	119
Figura 88	Esquema de montagem do trem móvel do mecanismo de seleção de base.	121
Figura 89	Esquema de montagem do trem móvel do mecanismo de 1ª seleção.	122
Figura 90	Esquema de montagem do veio intermédio.	123
Figura 91	Esquema de montagem do mecanismo de seleção de base.	124

Figura 92	Esquema de montagem do mecanismo de 1ª seleção.	124
Figura 93	Esquema de montagem do veio de entrada.	126
Figura 94	Esquema de montagem da árvore do cárter.	127
Figura 95	Desenho de definição do componente CTMBSH (ver Anexo R).	143
Figura 96	Desenho de operação de corte do componente CTMBSH.	144
Figura 97	Interface do software Fusion 360 para definição do processo de maquinagem e do material em bruto.	145
Figura 98	Interface do software Fusion 360 para definição da operação a realizar. . .	145
Figura 99	Janela <i>Raddi</i> , para introdução das dimensões a maquinar.	146
Figura 100	Janela <i>Passes</i> , para introdução do número de passes e sobre-espessura para acabamento.	146
Figura 101	Menu do <i>Step</i> para escolha de <i>Simulação</i>	147
Figura 102	Simulação CAM da sequência de maquinagem.	147
Figura 103	Sandvik Coromant: DCMT 11 T3 08 - PM 4325 [54].	148
Figura 104	Sandvik Coromant: DCMX 11 T3 04 - WF 5015 [54].	148
Figura 105	Sandvik Coromant: CoroCut® e pastilha T-Max® Q-Cut [54].	148
Figura 106	Broca helicoidal GARANT $\phi 6mm$ [55].	149
Figura 107	Broca de ponto Horex $\phi 3,15mm$ [55].	149
Figura 108	Veio seletor do mecanismo de seleção de base - produto final (peça exemplificativa).	150
Figura 109	Matriz de risco (Adaptado de [36]).	156
Figura 110	Diagrama hierárquico de blocos do cabeçote de torno.	158
Figura 111	Diagrama hierárquico do módulo de entrada de potência.	159

Lista de Tabelas

Tabela 1	Indicação de processo de fabrico a utilizar em função da quantidade e complexidade da peça a produzir [30].	32
Tabela 2	Quadro resumo dos processos de moldação que podem ser utilizados para fundir ferro fundido cinzento e respetivas limitações, adaptada de [29].	33
Tabela 3	Caracterização do aço RPM 32 (DIN 42 CrMo 4) [37].	42
Tabela 4	Caracterização do aço F 10 (DIN Ck 45) [37].	43
Tabela 5	Frequências de rotação e razões de transmissão normalizadas para o cabeçote, segundo a norma DIN 804.	48
Tabela 6	Solução final para as velocidades dos 3 veios e comparação entre a velocidade da árvore com a tolerância mecânica + elétrica.	53
Tabela 7	Solução final para a caracterização geométrica das rodas das engrenagens do cabeçote.	54
Tabela 8	Outros parâmetros relevantes relativos às rodas das engrenagens e fatores de segurança relativos ao cálculo da capacidade de carga e resistência ao desgaste - Parte I.	55
Tabela 9	Outros parâmetros relevantes relativos às rodas das engrenagens e fatores de segurança relativos ao cálculo da capacidade de carga e resistência ao desgaste - Parte II.	56
Tabela 10	Resultados da seleção dos rolamentos do veio de entrada.	64
Tabela 11	Resultados da seleção dos rolamentos do veio intermédio.	65
Tabela 12	Resultados da seleção dos rolamentos da árvore do cabeçote.	66
Tabela 13	Caracterização do aço C3 (DIN Ck 45 K).	67
Tabela 14	Resultados do dimensionamento das chavetas.	67
Tabela 15	Valores da tensão de esmagamento admissível para veios estriados, para diferentes condições de funcionamento [47].	68
Tabela 16	Valores das variáveis utilizadas para o cálculo da tensão de esmagamento e resultado obtido.	69
Tabela 17	Forças de corte obtidas para cada uma das 6 velocidades de saída.	70
Tabela 18	Resultados do dimensionamento à flecha do veio de entrada.	72
Tabela 19	Resultados do dimensionamento à flecha do veio intermédio.	73
Tabela 20	Resultados do dimensionamento à flecha da árvore.	74
Tabela 21	Valores de resistência para o veio intermédio utilizados na verificação à fadiga.	82
Tabela 22	Resultados da verificação à fadiga do veio intermédio.	84
Tabela 22	Resultados da verificação à fadiga do veio intermédio. (continuação) . . .	85

Tabela 22	Resultados da verificação à fadiga do veio intermédio. (continuação) . . .	86
Tabela 22	Resultados da verificação à fadiga do veio intermédio. (continuação) . . .	87
Tabela 23	Resultados da verificação à fadiga do veio de entrada.	88
Tabela 24	Resultados da verificação à fadiga da árvore.	89
Tabela 24	Resultados da verificação à fadiga da árvore. (continuação)	90
Tabela 25	Variáveis e respetivos valores utilizados na Teoria de Cheng.	97
Tabela 26	Dimensionamento da chaveta para o trem do mecanismo de seleção de base.	103
Tabela 27	Resultados do dimensionamento das bielas dos mecanismos de seleção. .	106
Tabela 28	Classe de tolerância recomendada pela SKF® em função da carga e do tipo de rolamento (Adaptado de [46]).	111
Tabela 29	Resultados dos ajustamentos a utilizar para o veio de entrada.	112
Tabela 30	Resultados dos ajustamentos a utilizar para o veio de entrada.	113
Tabela 31	Resultados dos ajustamentos a utilizar para a árvore caso fosse um veio maciço.	114
Tabela 32	Cálculos relativos aos ajustamentos para veio oco.	115
Tabela 33	Ajustamentos recomendados para os componentes em contacto com a powerlock.	116
Tabela 34	Codificação dos subconjuntos.	131
Tabela 35	Codificação dos componentes.	133
Tabela 36	Dimensões das peças em bruto para maquinaria.	135
Tabela 37	Seleção dos tornos para fabrico dos componentes não standard e respetivas dimensões máximas de corte.	138
Tabela 38	Seleção das fresadoras para fabrico dos componentes não standard e respetivas dimensões máximas de corte.	138
Tabela 39	Custos associados aos equipamentos necessários	139
Tabela 40	Esquema de revestimento superficial para o cárter e para as tampas. . . .	141
Tabela 41	Sequência de maquinaria do componente CTMBSH.	151
Tabela 42	Criticidade em função do RPN [59].	157
Tabela 43	Implementação da FMECA ao módulo Entrada de Potência (Parte I). . . .	160
Tabela 44	Implementação da FMECA ao módulo Entrada de Potência (Parte II). . .	161
Tabela 45	Implementação da FMECA ao módulo Entrada de Potência (Parte III). . .	162
Tabela 46	Implementação da FMECA ao módulo Entrada de Potência (Parte IV). . .	163
Tabela 47	Implementação da FMECA ao módulo Entrada de Potência (Parte V). . .	164
Tabela 48	Implementação da FMECA ao módulo Entrada de Potência (Parte VI). . .	165

Nomenclatura

Introdução

CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
CNC	Comando Numérico Computorizado
FMECA	Failure Modes, Effects and Criticality Analysis
VMC	Vertical Machining Center

Estado da Arte

D	Diâmetro original da peça
f	Avanço
F	Força de atrito
F_c	Força de corte
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FMECA	Failure Modes, Effects and Criticality Analysis
F_n	Força normal ao plano de corte
f_r	Velocidade de avanço
F_s	Força que atua no plano de corte
F_t	Força de avanço
LCC	Life Cycle Cost
MP	Manutenção Preventiva
n	Frequência de rotação da peça
N	Força normal à força de atrito
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability and Safety
RCM	Reliability Centred Maintenance
v_c	Velocidade de corte
γ	Ângulo de ataque da ferramenta
μ	Coefficiente de atrito
ρ	Ângulo de atrito
τ	Tensão de corte
ϕ	Ângulo do plano de corte

Nova Solução

a	Entre-eixo de engrenagem
b	Largura da roda dentada / largura da chaveta ou estria
C	Capacidade de carga dinâmica
c_e	Relação do diâmetro do anel interno
c_i	Relação de diâmetro do eixo oco
d	Diâmetro interior do estriado / Diâmetro interno do rolamento
D	Diâmetro exterior do estriado / Diâmetro externo do rolamento
d_a	Diâmetro de cabeça
d_b	Diâmetro de base
d_e	Média do diâmetro externo do anel interno
d_f	Diâmetro de pé
d_i	Diâmetro interno do eixo oco
d_m	Diâmetro médio do rolamento
d_{max}	Diâmetro máximo do veio para ligação estriada ou por chaveta
d_p	Diâmetro primitivo
d_v	Diâmetro do veio
F_a	Força axial do engrenamento
F_c	Força de corte tangencial
F_r	Força resultante do engrenamento
F_{rm}	Carga radial mínima
F_t	Força axial de corte
h	Altura total do dente da roda dentada / Altura da chaveta ou estria
$i_{j,k}$	Razão de transmissão k do mecanismo de seleção j
k	Fator para o tipo de rolamento
K_A	Fator de aplicação
k_r	Fator mínimo de carga
K_t	Fator de irregularidade de carga entre estrias
L	Comprimento útil da estria
l_{corte}	Comprimento mínimo da chaveta ao corte
$l_{esmagamento}$	Comprimento mínimo da chaveta ao esmagamento

LP	Parâmetro do lubrificante
m	Módulo da roda dentada
M_t	Momento torsor
n_0	Frequência de entrada normalizada pelas séries de Renard
n_x	Frequência de rotação x da árvore
P	Potência / Carga dinâmica equivalente
R	Razão entre a velocidade de rotação máxima e mínima da árvore
r_a	Raio de cabeça da roda dentada
r_c	Raio médio de corte
R_i	Reação no apoio i
R_m	Resistência à rotura
$R_{p0,2}$	Limite de Elasticidade
s_0	Fator de segurança estático
SB	Fator de segurança relativo à resistência à gripagem da roda dentada
SB_{min}	Fator de segurança mínimo admissível para o cálculo da resistência à gripagem
SD	Coeficiente de segurança da resistência à fadiga
SF	Fator de segurança relativo à capacidade de carga no pé do dente da roda dentada
SF_{min}	Fator de segurança mínimo admissível para o cálculo da capacidade de carga no pé do dente
SH_{min}	Fator de segurança mínimo admissível para o cálculo da segurança dos flancos
SH_w	Fator de segurança relativo à segurança dos flancos da roda dentada
SS	Coeficiente de segurança da resistência estática à deformação permanente
SS_{int}	Fator de segurança relativo à resistência à raspagem da roda dentada
SS_{min}	Fator de segurança mínimo admissível para o cálculo da resistência à raspagem
t_1	Profundidade do escatel do veio
$u_{j,k}$	Relação de transmissão k do mecanismo de seleção j
x	Correção de dentado
z	Número de dentes da roda / Número de estrias
α	Ângulo de pressão
β	Ângulo de hélice / Fator de concentração de tensões
δ	Flecha combinada
Δ	Espessura de filme específica

Δ_H	Média dos valores menor e maior da interferência provável num eixo oco
δ_{max}	Flecha combinada admissível
Δ_S	Média dos valores menor e maior da interferência provável num eixo maciço
ε_a	Razão de condução
ν	Coeficiente de poisson
σ_{ba}	Amplitude da tensão efetiva relativa à flexão
σ_{bADK}	Tensão admissível à fadiga relativa à flexão
σ_{bFK}	Tensão admissível à deformação permanente relativa à flexão
σ_{bmax}	Valor máximo da tensão efetiva relativa à flexão
σ_d	Tensão de esmagamento
σ_{dadm}	Tensão de esmagamento admissível
Σz	Somatório do número de dentes de uma engrenagem
σ_{zda}	Amplitude da tensão efetiva relativa ao esforço normal
σ_{zdADK}	Tensão admissível à fadiga relativa ao esforço normal
σ_{zdFK}	Tensão admissível à deformação permanente relativa ao esforço normal
σ_{zdmax}	Valor máximo da tensão efetiva relativa ao esforço normal
τ_{adm}	Tensão de corte admissível
τ_{ced}	Tensão de cedência ao corte
τ_{ta}	Amplitude da tensão efetiva relativa à torção
τ_{tADK}	Tensão admissível à fadiga relativa à torção
τ_{tFK}	Tensão admissível à deformação permanente relativa à torção
τ_{tmax}	Valor máximo da tensão efetiva relativa à torção
ϕ	Razão de progressão geométrica das séries de Renard

Processos de fabrico

<i>BMT</i>	Base Mounted Turret
<i>BOT</i>	Bolt-On Turret
<i>VDI</i>	Turreta standard VDI

Maquinagem do componente CTMBSH

f	Avanço
R_A	Rugosidade média
r_ϵ	Raio de ponta da ferramenta

Implementação da FMECA a um subsistema do projeto

C_m	Criticidade do modo de falha
DFMECA	D esign F ailure M odes, E ffects and C riticality A nalysis
FMECA	F ailure M odes, E ffects and C riticality A nalysis
m	Número total de modos de falha
PFMECA	P rocess F ailure M odes, E ffects and C riticality A nalysis
RPN	R isk P riority N umber
SFMECA	S ystem F ailure M odes, E ffects and C riticality A nalysis
t	Tempo de funcionamento
α	Porcentagem da contribuição do modo de falha para a avaria do componente
β	Probabilidade de perda de função
λ	Taxa de falhas
λ_p	Taxa de falhas base

Página intencionalmente em branco

1 Introdução

No projeto de máquinas várias soluções são válidas para um problema e nenhuma é perfeita para a resolução do mesmo. Por isso, um dos principais desafios de um engenheiro de projeto passa por obter soluções o mais otimizadas possível para todos os requisitos do projeto. O problema reside no facto da solução ótima, para o cumprimento desses requisitos, ser diferente para cada um. Assim, um engenheiro projetista deve, de forma crítica, avaliar os resultados obtidos e definir um compromisso, entre os diversos requisitos, que garanta o correto funcionamento do equipamento de forma otimizada.

A otimização de um projeto implica considerar várias perspetivas sobre o mesmo. Destacam-se as seguintes:

- o dimensionamento dos componentes deve cumprir os requisitos do projeto, mas não deve ser sobredimensionado;
- deve ser tido em conta o processo de produção de cada componente pois, este pode levar a alterações significativas da solução ótima para ser exequível;
- a manutenção do equipamento deve ser considerada como um ponto crucial para a extensão da vida útil do mesmo;
- os custos associados ao ciclo de vida do produto devem ser avaliados para serem competitivos num mercado altamente exigente [1].

Com o desenvolvimento tecnológico, ainda que não se obtenha a solução ótima a todos os níveis mencionados, é possível obter uma solução que garanta a melhor conjugação dos parâmetros associados a todas as fases de projeto de um componente.

É neste contexto de interligação entre as diferentes fases de um projeto que se insere esta dissertação.

Esta tese de mestrado teve como ponto de partida, o ante-projeto de um cabeçote de torno de 6 velocidades com possibilidade de inversão mecânica da velocidade. Esse trabalho foi realizado por António Carneiro, para a unidade curricular de Iniciação ao Projeto A, no ano letivo 2017/18.

Um torno é uma máquina-ferramenta que permite obter peças cilíndricas, cónicas e de revolução, através da remoção de material por arranque de aparta. Nos tornos convencionais é usual existir uma caixa de velocidades que permita girar a peça a diferentes velocidades. A zona onde se encontra essa caixa de velocidades é designada por cabeçote fixo. Este é responsável pela variação da velocidade da árvore e, por isso, possui uma caixa de comando principal. Também é o componente ao qual se acopla a bucha de aperto da peça. Por estas razões, António Carneiro desenvolveu uma caixa de 6 velocidades com possibilidade de inversão mecânica da velocidade.

É importante perceber que o trabalho solicitado a António Carneiro era meramente académico. Efetivamente, os tornos mecânicos utilizados e produzidos na atualidade, são maioritariamente máquinas CNC (Comando Numérico Computorizado), onde a variação de velocidade é realizada através da variação da frequência do motor elétrico (fazendo desaparecer as caixas de velocidade) e o acoplamento entre este e a árvore (spindle) do torno é direto. Contudo, os tornos mecânicos clássicos são equipamentos que permitem aprofundar o conhecimento do projetista em termos de cálculo e adaptação de diferentes soluções.

Com a presente dissertação pretende-se otimizar o ante-projeto do cabeçote de torno tendo em consideração o seu processo de fabrico, principalmente a maquinagem. De forma a complementar a conceção e fabrico deste equipamento, também se realiza a análise crítica de falhas, segundo a metodologia FMECA. Ao realizar-se esta análise, consegue-se prever os modos de falha do equipamento, conhecer as suas causas e efeitos e determinar as ações de manutenção preventiva e corretiva mais indicadas para mitigar ou eliminar esses modos de falha.

Assim, foi possível analisar um projeto existente abrangendo não só as fases de conceção e fabrico, mas também a fase de manutenção. Não foi realizada uma análise do custo do ciclo de vida do produto, mas é apresentada uma indicação dos possíveis custos de produção de alguns componentes.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Torna-se cada vez mais necessário, para a indústria, conseguir produzir em quantidade, qualidade, no menor tempo e da forma mais rentável possível. Efetivamente, para este objetivo ser atingido, na conceção e fabrico de qualquer tipo de produto, é muito importante que o projeto do mesmo seja otimizado para fabrico, isto é, o produto deve ser elaborado de forma a haver um equilíbrio entre quatro dimensões principais: funcionalidade, manufatura, estética e manutenção. Atingir este equilíbrio é, muitas vezes difícil, pelo que se valoriza mais uma ou outra dimensão, em detrimento das outras.

Por estas razões, fazer a análise e otimização de um projeto existente para fabrico torna-se um desafio, que exige uma boa combinação do conhecimento teórico adquirido ao longo dos cinco anos do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica e do conhecimento prático transmitido pelo Engenheiro Luís Andrade Ferreira, pelo Engenheiro Nuno Lopes e pelos técnicos da HAAS Automation, Inc..

O tema desta dissertação, para além de ser interessante e desafiante, é uma janela para o mundo prático da produção de diversos componentes, onde o aluno tem a oportunidade de adquirir espírito crítico e tomar decisões bem ponderadas, com a perfeita noção de que o conhecimento teórico nem sempre é exequível e de que o prático conduz, frequentemente, às melhores soluções.

1.2 HAAS Automation, Inc.

A presente dissertação de mestrado foi realizada em parceria com a empresa HAAS Factory Outlet, um distribuidor da HAAS Automation, Inc., que é o maior construtor de máquinas-ferramenta dos Estados Unidos da América, cujo logotipo se pode ver na Figura 1 [2].

A HAAS Automation Inc. nasceu em 1983 pela mão de Gene Haas com a finalidade de produzir máquinas-ferramenta económicas e fiáveis. Gene Haas fez a empresa singrar na indústria fabricando o primeiro indexador de torniquete programável e totalmente automático, um dispositivo que permitia posicionar peças para maquinagem com uma elevadíssima precisão. Em 1988, a fábrica produziu os primeiros protótipos do primeiro centro de maquinação vertical (VMC) que podiam ser vendidos a preços altamente competitivos. Desde então, a HAAS Automation Inc., produz centros de maquinação vertical CNC, de maquinação horizontal, tornos CNC, produtos rotativos, máquinas especiais e centros de maquinação de 5 eixos, toolrooms, entre outros. Todas estas máquinas-ferramenta, de alta qualidade e simples manutenção, permitem a execução de peças

de alta precisão, repetibilidade e durabilidade a preços acessíveis e altamente competitivos [2][3].

A HAAS Factory Outlet é uma divisão da AfterSales S.A., que se apresenta no mercado como um distribuidor direto de fábrica, permitindo o fornecimento (compra e venda) de máquinas-ferramenta CNC da HAAS Automation Inc., na área local do cliente. Para além disso, a empresa fornece ainda um serviço de assistência técnica de elevado nível, já que, cada Outlet possui um largo inventário de peças de substituição disponíveis para entrega imediata e um grupo de técnicos de engenharia especializados, capazes de auxiliar o cliente na escolha do produto mais indicado para o fim desejado e providenciar suporte técnico, ao nível do equipamento, e do software utilizado na programação do equipamento [2] [3]. Mas as valências deste grupo não acabam aqui. Além da empresa otimizar, por exemplo, sequências de maquinagem a pedido dos clientes, ainda se preocupa em auxiliar os mesmos realizando diversas formações na área da gestão da produção, do manuseamento de softwares e na utilização efetiva das suas máquinas-ferramenta CNC.

Esta parceria foi crucial para a realização desta dissertação pois, através do Engenheiro Nuno Lopes, orientador na empresa, foi possível entender como reavaliar um projeto para que este seja exequível em diferentes métodos de fabrico, adaptando-o às tecnologias existentes. De facto, o auxílio por parte de quem tem experiência na área dos processos de produção, permite projetar um produto de forma mais eficiente e com elevada precisão, a baixo custo.



Figura 1: Logo da HAAS Automation, Inc.[2].

1.3 Objetivos

Como metas de trabalho delinearam-se os seguintes objetivos:

- analisar o projeto de um equipamento mecânico realizado por um outro aluno;
- otimizar esse mesmo projeto para maquinagem, realizando as alterações necessárias;
- elaborar os desenhos de definição dos componentes do equipamento que necessitem de ser fabricados;
- elaborar os desenhos de fabrico, montagem e de conjunto do projeto;
- definir o processo de fabrico para os componentes não standardizados;
- efetuar o estudo da maquinagem de um componente escolhido, para que seja fabricado um protótipo desse componente;
- produzir um protótipo do componente escolhido através da programação CAM numa máquina-ferramenta CNC HAAS;
- analisar a aplicabilidade da FMECA ao projeto.

1.4 Metodologia do projeto

A fim de que todos os objetivos fossem cumpridos, foi realizado o cronograma, revisto e aprovado por ambos os orientadores, que é apresentado na Figura 2.

Realizaram-se reuniões, com o Engenheiro Luís Andrade Ferreira, e com o Engenheiro Nuno Lopes, sempre que foi necessário, para debater os problemas que surgiram e as possíveis soluções. Assim, houve reuniões frequentes, durante toda a elaboração da presente dissertação.

Tarefa	Data de Início	Data de fim	Nº de dias	Semanas													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Análise do projeto existente e definição do "problema"	04/02/2019	17/02/2019	14														
"Conhecimento" da empresa	08/02/2019	14/02/2019	7														
Análise das metodologias existentes na HAAS para conhecimento dos modos de fabrico existentes	11/02/2019	10/03/2019	28														
Análise de aplicabilidade de FMECA ao projeto (feito simultaneamente com o restante trabalho)	14/02/2019	24/04/2019	70														
Desenvolvimento e otimização do projeto	11/02/2019	24/03/2019	42														
Conhecimento do processo de transformação CAD-CAM	11/03/2019	24/03/2019	14														
Estudo da maquinagem e possível fabrico das peças	25/03/2019	21/04/2019	28														
Análise do trabalho realizado, conclusões e propostas para continuação do trabalho	22/04/2019	28/04/2019	7														
Redação e discussão da dissertação	29/04/2019	26/05/2019	28														

Figura 2: Cronograma.

Esta dissertação foi elaborada nas instalações da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e da HAAS Factory Outlet. Numa primeira fase, procedeu-se à análise do projeto e realizaram-se os cálculos da cadeia cinemática e do dimensionamento dos componentes. Para a determinação dos cálculos utilizou-se o programa KISSsoft[®] facultado pela faculdade, permanecendo-se, por isso, mais tempo nas instalações da mesma. Após a realização dos cálculos houve necessidade de permanecer mais tempo na empresa HAAS, uma vez que a elaboração dos desenhos, a definição do fabrico dos diversos componentes e a realização da sequência de maquinagem do componente selecionado, para as quais se utilizaram softwares de CAD 3D como o Solidworks, o Autodesk Inventor e o Autodesk Fusion 360 que permitem realizar a conversão CAD-CAM, foram acompanhados pelo Eng. Nuno Lopes e pelos técnicos da empresa que auxiliaram a produção desta dissertação.

1.5 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 8 capítulos:

- **Capítulo 1 - Introdução:** contém uma pequena contextualização do tema abordado, a motivação para a realização desta tese de mestrado, a apresentação da empresa parceira, os objetivos e metodologia adotada nesta dissertação e a estrutura do presente documento;
- **Capítulo 2 - Estado da Arte:** aqui, são apresentados os diferentes processos de fabrico utilizados, necessários à concretização deste projeto e, ainda, uma breve contextualização e explicação dos conceitos de RAMS, FMEA e FMECA;

- **Capítulo 3 - Cabeçote de torno de 6 velocidades com possibilidade de inversão mecânica de velocidade:** nesta terceira parte da dissertação é descrito o trabalho realizado pelo aluno António Carneiro, trabalho esse que foi o objeto de estudo desta tese de mestrado;
- **Capítulo 4 - Nova Solução:** como o próprio nome indica, é apresentada, de forma detalhada, a nova solução obtida para o projeto. São descritas as alterações efetuadas ao projeto inicial, bem como aquilo que se manteve inalterado; o procedimento seguido para a obtenção da nova solução; os principais aspetos construtivos da mesma e, por fim, as sequências de montagem e desmontagem do equipamento;
- **Capítulo 5 - Processos de fabrico:** após a caracterização da nova solução, é realizada a codificação dos componentes e a escolha, devidamente fundamentada, do processo de fabrico de cada peça não standard;
- **Capítulo 6 - Maquinagem do componente CTMBSH:** neste capítulo é descrito o processo de maquinagem de um componente do cabeçote, por forma a exemplificar as etapas fundamentais na maquinagem de um produto para se obter os resultados desejados;
- **Capítulo 7 - Implementação da FMECA a um subsistema do projeto:** é feita uma simples aplicação do método de análise FMECA a um subsistema do projeto. Este capítulo inclui uma breve descrição dos conceitos associados ao tema, das etapas que constituem a análise e, ainda, uma explicação das decisões tomadas, para o caso em estudo;
- **Capítulo 8 - Conclusões e Trabalhos Futuros:** por fim, retiram-se algumas conclusões sobre o trabalho realizado e são propostas melhorias que se entende serem importantes para a otimização do projeto.

Página intencionalmente em branco

2 Estado da Arte

2.1 Processos de fabrico

A utilização de qualquer processo de fabrico depende da forma como é apresentada a matéria-prima. Como se pode observar no diagrama da Figura 3, para se obter o produto final ou os produtos para posterior montagem, é necessário que a matéria-prima passe por, pelo menos, um dos processos de fabrico a verde - segundo nível do diagrama. Assim, pode obter-se um produto acabado sem que este seja sujeito a qualquer operação a laranja - terceiro nível do diagrama. Contudo, o mais usual é que a matéria-prima, a amarelo - primeiro nível do diagrama, passe por um ou mais processos de fabrico a verde - segundo nível do diagrama - (pois, alguns deles podem ser aplicados de forma sequencial à matéria-prima) e de seguida seja submetida a uma ou mais operações a laranja - terceiro nível do diagrama. De facto, a maioria das peças produzidas, acaba por ser maquinada ou soldada e sujeita a tratamentos térmicos e acabamentos, por questões de estética, funcionalidade e durabilidade [4].

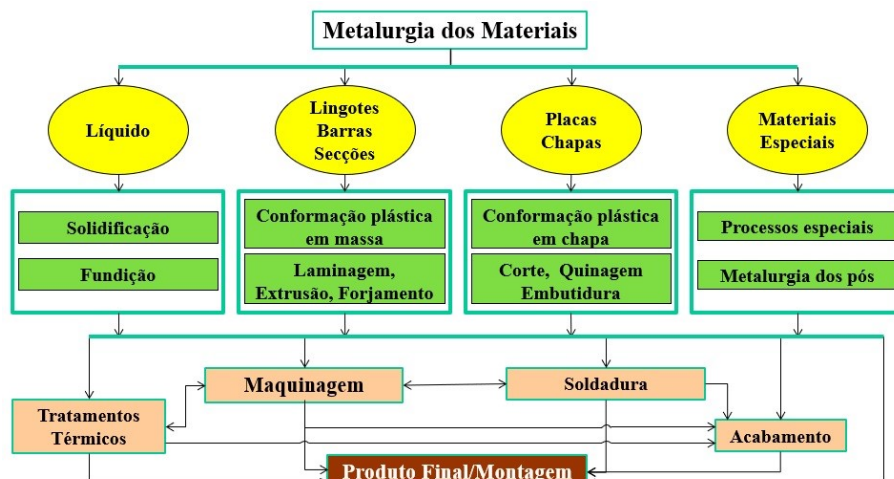


Figura 3: Diagrama de processos de fabrico [4].

Na prática, componentes como os que fazem parte do projeto apresentado, estão sujeitos a um fluxo de fabrico como ilustra a Figura 4.

Seguidamente proceder-se-á a uma breve explicação dos processos de fabrico a serem utilizados no fabrico do cabeçote de torno de 6 velocidades e as suas principais vantagens e desvantagens.

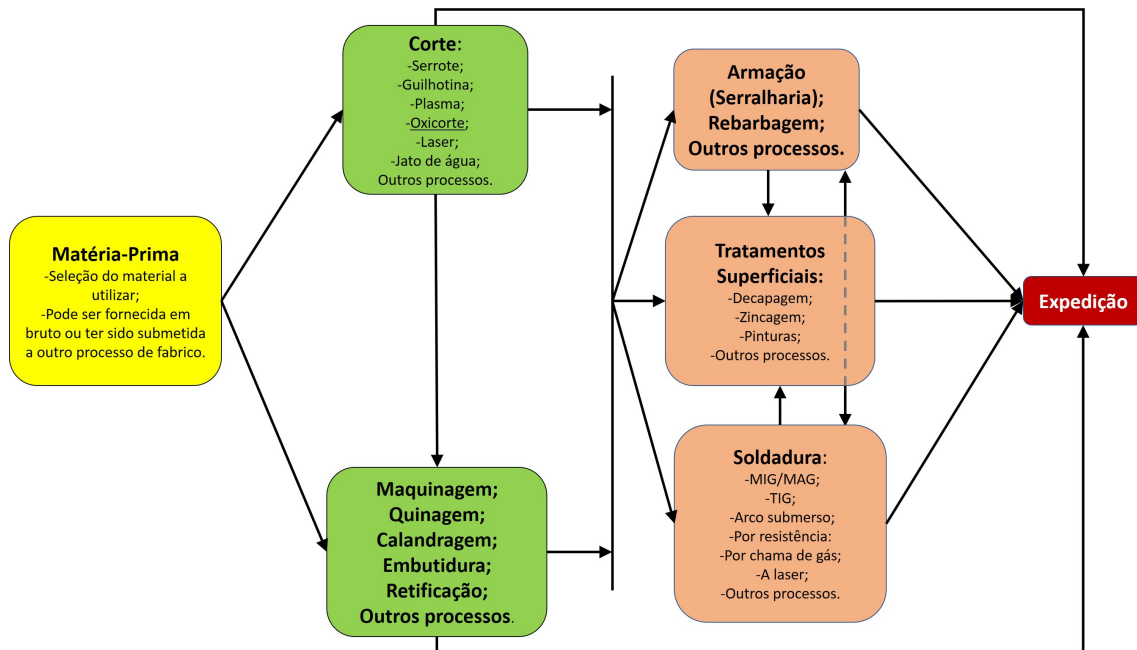


Figura 4: Fluxo de fabrico de um componente do projeto.

2.2 Corte

O corte é uma das operações de maquinagem mais importantes na confeção de produtos na indústria metalomecânica pois, ao iniciar a produção de uma peça é frequente ter de separar o material em bruto em duas ou mais partes, ou remover uma parte [5]. Na Figura 4 são indicados alguns processos de corte. Desses, apenas se explicará, de forma sucinta, o processo de corte por serrote, por ter sido o processo escolhido para o corte do material em bruto das peças não standardizadas.

2.2.1 Corte por serrote

O corte por serrote é o tipo de corte mais simples e mais antigo. Consiste em serrar uma peça, isto é, criar uma fenda estreita através de uma serra, que não é mais do que uma banda com dentes espaçados com determinada distância. Neste processo, a peça é fixa de forma a permanecer estática durante o corte e é a serra, a ferramenta, que se movimenta relativamente à peça, efetuando a separação do material [5].

Os serrotes dividem-se em dois grandes tipos:

- **serrote manual** - é o instrumento de corte mais usado para peças pequenas que não justifiquem a utilização dos serrotes mecânicos [6]. A capacidade de corte depende, principalmente, do material da serra e do número de dentes por polegada. Uma lâmina com maior número de dentes por polegada é adequada para o corte de materiais finos, detém dentes mais finos e permite o corte de metais duros. Por sua vez, uma lâmina com menor número de dentes por polegada possui dentes mais grossos, permitindo cortar materiais mais grossos e metais maleáveis [7].

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

- **serrote mecânico** - é utilizado quando uma barra, varão ou perfil é de grande secção e, por isso, a operação de corte por serrote manual seria demorada e cansativa [6]. Existem três tipos de serrotes mecânicos:

- *serrote Alternativo* - Assemelha-se ao manual, mas é de acionamento mecânico, mais robusto e de maiores dimensões, Figura 6. A armação que sustenta a serra é acionada por um volante através de uma biela, que permite que a serra efetue um movimento de avanço e recuo horizontal, semelhante ao movimento de um serrote manual. O material é fixo por umas axilas junto do local onde se pretende realizar o corte. Uma volta completa do volante corresponde a um ciclo completo de corte, isto é, a uma ida e volta da serra. O curso útil da serra, o de avanço, está demonstrado na Figura 5. De facto, este corte intermitente provoca um tempo morto no ciclo de trabalho, levando a um menor rendimento do processo [5, 6].

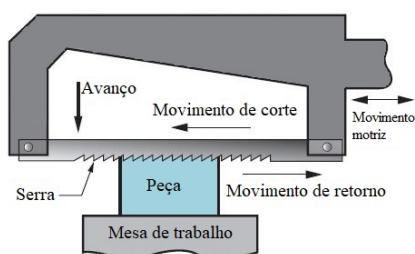


Figura 5: Operação de corte com serrote alternativo (Adaptado de [5]).



Figura 6: Serrote Alternativo [6].

- *serrote Circular* - elimina o tempo morto no ciclo de trabalho existente no serrote alternativo, porque a sua serra circular produz um corte do material contínuo, como é ilustrado nas Figuras 7 e 8. Torna-se, por isso, mais rápido e rentável que o anterior. No entanto, não deve ser usado para fazer elevado número de cortes sucessivos, nem em peças de grandes diâmetros. Isto deve-se ao facto da serra de disco ser de elevada espessura e desperdiçar grandes quantidades de material. O acionamento da serra é, mais uma vez, mecânico, mas todos os outros movimentos, como o aproximar e afastar a ferramenta da peça são manuais [6]. A ferramenta assemelha-se a uma fresa de disco, mas mais fina e com mais dentes de corte [5].

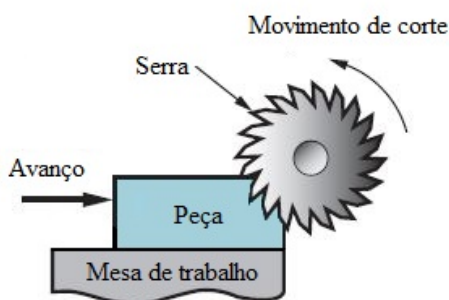


Figura 7: Operação de corte com serrote circular (Adaptado de [5]).



Figura 8: Serrote Circular [6].

- *serrote de Fita* - esta máquina é de maior dimensão que as anteriores e mais robusta, como ilustra a Figura 10. A serra é uma fita sem-fim com dentes numa das arestas, montada sobre dois volantes, à semelhança de uma correia como é retratado na Figura 9. Um dos volantes é acionado por um motor elétrico e o outro gira por arrasto, guiando apenas o movimento da fita. Este tipo de máquina-ferramenta possui mudanças de velocidade, ao contrário das anteriores, e pode ser vertical ou horizontal [5, 6]. Nas verticais, o operador pode guiar a peça na direção que pretender contra a serra, permitindo realizar contornos complexos e ranhuras. Já as horizontais são utilizadas para realizar operações de corte como os serrotes alternativos [5].

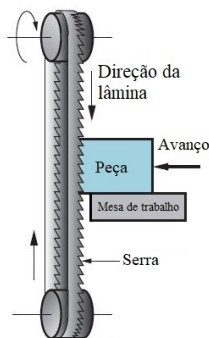


Figura 9: Operação de corte com serrote de fita vertical (Adaptado de [5]).

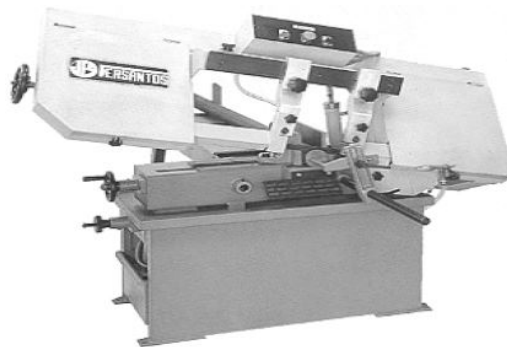


Figura 10: Serrote de fita horizontal [6].

Devido à evolução na área do Comando Numérico Computorizado, existe no mercado uma vasta gama de serrotes mecânicos CNC, que são máquinas-ferramenta CNC nas quais a serra executa um movimento retilíneo alternativo. Efetuam um corte mais preciso que o corte manual [8] e todos os movimentos necessários, à realização do corte, são realizados através da programação do equipamento.

2.3 Maquinagem

A maquinagem é um processo de fabrico subtrativo, isto é, retira progressivamente o material em excesso do bloco de matéria-prima, para que este obtenha a forma pretendida [4, 5, 9].

O bloco de matéria-prima pode encontrar-se em bruto, (em barras, varões ou perfis), o que significa que a matéria-prima já foi fundida, laminada ou extrudida e previamente cortada, ou pode ser uma peça, por exemplo, fundida, forjada ou embutida que necessita de algum tipo de operação de maquinagem para ser terminada [5].

Este processo de fabrico é de grande utilidade permitindo trabalhar com uma vasta gama de materiais (polímeros, metais, não metais), obter peças com grande variedade de formas, regulares ou irregulares, e fabricar componentes de elevada precisão dimensional e geométrica, com bons acabamentos superficiais. No entanto, é um processo onde o desperdício de material e o tempo de maquinagem devem ser alvo de estudo, para que o fabrico seja rentável. Efetivamente, para produções de grandes séries, este processo pode não ser competitivo com outros, como a fundição e o forjamento [4].

A maquinagem, cujo fundamento já foi exposto, é um conjunto de diferentes operações. Mas

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

para que elas sejam executadas, é necessário que haja um movimento relativo entre a ferramenta de corte e a peça [5]. Existem sempre dois tipos de movimentos num processo de maquinagem:

- **movimento de Corte** - responsável pelo corte do material;
- **movimento de Avanço** - responsável pela alimentação do material a ser maquinado.

Dependendo do processo de maquinagem que se pretenda efetuar, estes dois movimentos podem ser realizados pela ferramenta, ou o movimento de corte pela ferramenta e o de avanço pela peça ou vice-versa [4, 5].

Outro parâmetro de corte tão importante quanto as velocidades de corte e de avanço é o **penetramento** ou **profundidade de corte**. Como o próprio nome indica, este fornece a distância de penetramento da ferramenta em relação à superfície do bloco a ser maquinado.

Através destes 3 parâmetros de corte, é possível obter a taxa de remoção de material, isto é, o volume de material removido por segundo. Assim, estes devem ser criteriosamente escolhidos em função do material a maquinar, das ferramentas a utilizar, da refrigeração da máquina-ferramenta e do tipo de operação que se pretende efetuar, uma operação de desbaste ou acabamento [4, 5].

Efetivamente, as operações de desbaste ou acabamento distinguem-se pelo conjunto de parâmetros de corte utilizados, com se explicita em seguida [4, 5].

- **Desbaste** - através desta operação pretende-se remover grandes quantidades de material, num curto intervalo de tempo, ou seja, trabalha-se com elevadas taxas de remoção de material. É necessário, ainda assim, deixar a peça com uma sobre-espessura para acabamento. Caracteriza-se pelos grandes avanços e penetramentos e pelas baixas velocidades de corte;
- **Acabamento** - já é uma operação de conclusão da peça em questão e, portanto, pretende-se obter as dimensões finais, bem como as tolerâncias e acabamentos superficiais desejados. Contrariamente à operação de desbaste, o acabamento caracteriza-se pelos avanços e penetramentos baixos e pelas elevadas velocidades de corte.

Na maquinagem convencional, caracterizada pela remoção de pequenas quantidades de material, o corte do material é feito por arranque de aparas através de uma ferramenta. A geração dessa aparas dá-se quando a pressão da ferramenta sobre o material é tal, que o obriga a deformar-se plasticamente de forma tão intensa, (com predominância da deformação de corte) que o leva a fraturar e a gerar novas superfícies [4, 5]. Para facilitar a compreensão da mecânica do corte e remoção da aparas, foi criado um modelo a duas dimensões, que traduz o contacto entre uma ferramenta, cuja aresta de corte é perpendicular à direção da velocidade de corte, e um bloco de material. Esse modelo, ilustrado na Figura 11, denomina-se *Modelo de Corte Ortogonal* [4, 5, 9].

Tal como é visível no modelo da Figura 12, a aparas é formada por deformação de corte, ao longo de um plano denominado por *plano de corte*, cuja orientação é dada pelo ângulo ϕ com a superfície de trabalho. Por sua vez, o ângulo γ é o de inclinação da face de ataque com a vertical designado ângulo de ataque da ferramenta, que pode ser positivo, Figura 12, ou negativo, Figura 13. Este ângulo também define a direção do escoamento da aparas.

Curiosamente, um ângulo de ataque negativo provoca um maior enrolamento da aparas contribuindo para a sua fratura. Assim, requer uma ferramenta mais robusta e os esforços de corte são maiores.

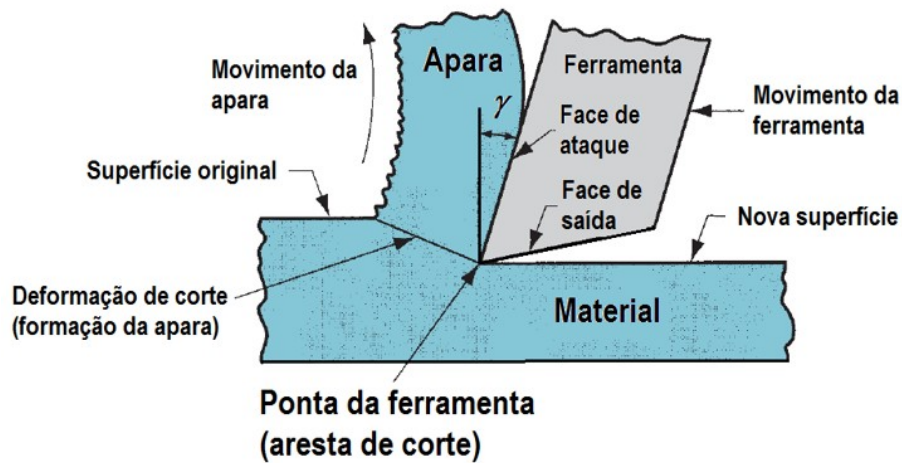


Figura 11: Modelo de Corte Ortogonal, esquema de geração e remoção da apara [4].

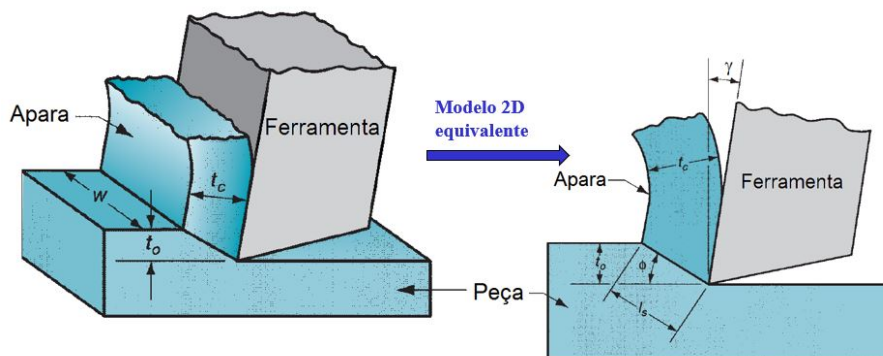


Figura 12: Corte Ortogonal, relação entre o modelo a três e a duas dimensões [4].

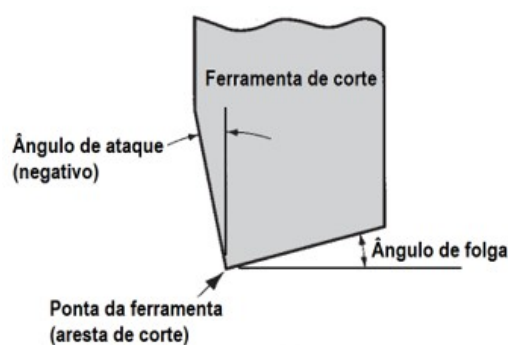


Figura 13: Ferramenta com ângulo de ataque negativo [4].

O modelo de corte ortogonal também permite fazer uma análise de certas forças inerentes a um processo de maquinagem e, através delas, é possível determinar a tensão de corte, o coeficiente de atrito e ainda algumas relações importantes [5].

Na Figura 14 encontram-se destacadas as forças que a ferramenta provoca sobre a apara e na Figura 15 as forças que a peça executa sobre a mesma. No caso da Figura 14, percebe-se que a

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

força resultante pode ser dividida em duas componentes perpendiculares: a *Força de Atrito*, F , que representa a resistência ao deslizamento da apara sobre a face de ataque da ferramenta, e a *Força Normal à força de atrito*, N . A relação entre estas duas componentes da força resultante denomina-se coeficiente de atrito, obtido através da equação 1. Contudo, também pode ser obtido pela equação 2, onde ρ designa o ângulo de atrito e define a orientação da *Força Resultante*, R [4, 5]. Da mesma forma, no caso da Figura 15, a *Força Resultante*, R' , pode ser dividida na *Força que atua no plano de corte*, F_s e na *Força normal ao plano de corte*, F_n [4, 5].

$$\mu = \frac{F}{N} \quad (1)$$

$$\mu = \tan(\rho) \quad (2)$$

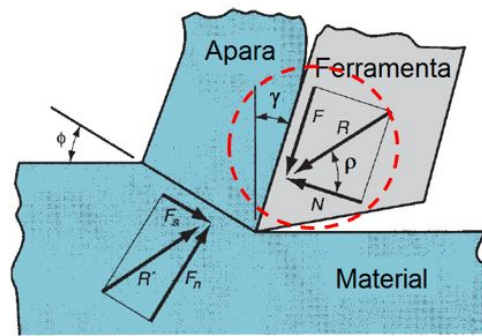


Figura 14: Forças que a ferramenta exerce sobre a apara [4].

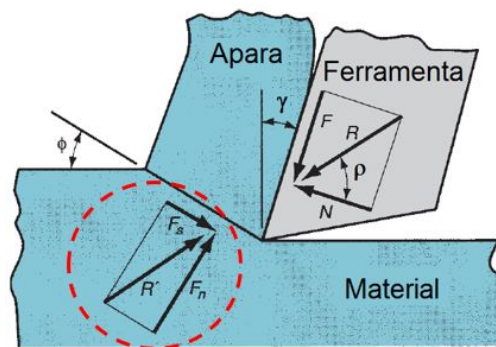


Figura 15: Forças que a peça exerce sobre a apara [4].

No entanto, nenhuma destas forças pode ser medida numa operação de maquinagem e, por isso, as forças medidas são as que atuam na ferramenta e que se reduzem à sua ponta. Essas forças encontram-se representadas na Figura 16, sendo F_c a *Força de corte* que se dá na direção da velocidade de corte e F_t a *Força de avanço*, perpendicular à força de corte e relacionada com a espessura da apara antes do corte, t_o [4, 5].

Uma forma de se obter as forças não mensuráveis, através das forças medidas na ponta da ferramenta, é utilizar o *Círculo de Merchant* ilustrado na Figura 17, que é um diagrama de forças de corte. Eugene Merchant, partiu do pressuposto que as forças resultantes exercidas sobre a apara,

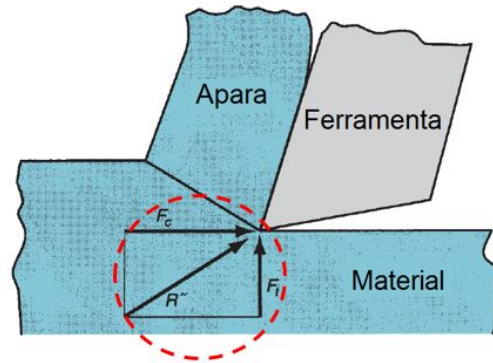


Figura 16: Forças que atuam na ferramenta mensuráveis [4].

do ponto de vista da ferramenta e da peça, teriam de ser iguais em magnitude e segundo direções colineares opostas, para que exista um equilíbrio de forças na apara. Por outro lado, para existir equilíbrio entre a peça e a ferramenta, no momento do corte, a resultante medida na ponta da ferramenta deverá ter magnitude igual às resultantes sobre a apara e colinear às mesmas. Este equilíbrio é descrito pela equação 3 [5].

$$\vec{R}'' = \vec{R}' = \vec{R} \quad (3)$$

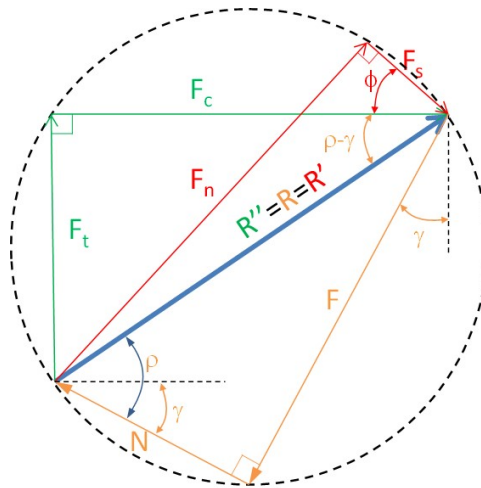


Figura 17: Círculo de Merchant [4].

Analisando o diagrama de forças de corte da Figura 17 e através de relações trigonométricas, conclui-se que:

$$F = F_c \sin \gamma + F_t \cos \gamma \quad (4)$$

$$N = F_c \cos \gamma - F_t \sin \gamma \quad (5)$$

$$F_s = F_c \cos\phi - F_t \sin\phi \quad (6)$$

$$F_n = F_c \sin\phi + F_t \cos\phi \quad (7)$$

Após obter a tensão de corte, partindo da equação 8, Merchant percebeu que o ângulo predominante interveniente no corte era o do plano de corte, ϕ (ver Figura 12) e que poderia ser obtido em função dos ângulos de atrito e de ataque da ferramenta. Obteve-se, assim, a equação de Merchant apresentada na equação 9 [4, 5].

$$\tau = \frac{F_c \cos\phi - F_t \sin\phi}{(t_o w / \sin\phi)} \quad (8)$$

$$\phi = \frac{\pi}{2} + \frac{\gamma}{2} - \frac{\rho}{2} \quad (9)$$

O círculo de Merchant permite ainda, através de manipulação algébrica, definir uma relação entre as forças de atrito, F_c , e a normal à força de atrito, N , quando apenas se conhece o ângulo do plano de corte e uma destas duas forças. Sabendo a força de atrito que será a força de corte tangencial, a força normal, que será a força axial de corte ou de avanço pode ser calculada a partir da equação 10.

$$F_t = F_c \tan(\rho - \gamma) \quad (10)$$

Tal como anteriormente foi referido, a maquinagem abrange um grupo de diferentes operações. As mais importantes e que maioritariamente serão utilizadas como processos de fabrico dos componentes deste projeto serão, resumidamente, apresentadas, de seguida, destacando-se o *torneamento*, a *fresagem*, a *furação*, a *brochagem*, o *desbaste*, o *aplainamento* e a *retificação*.

2.3.1 Torneamento

O torneamento é utilizado para a obtenção de peças de revolução cilíndricas, cónicas ou outras, onde a remoção do material ocorre através de uma ferramenta de aresta única [5, 10]. As operações de torneamento são realizadas num torno horizontal (o mais comum), vertical ou CNC. Nestes casos, a peça é que detém um movimento de rotação, ou seja, é a responsável pelo movimento de corte, e a ferramenta é que possui um movimento de avanço e penetramento, como ilustrado na Figura 18.

Num torno horizontal ou paralelo, o mais utilizado, Figura 19, apenas se consideram dois eixos e o movimento de corte dá-se em torno do eixo z que é o eixo de revolução da peça. O movimento de avanço da ferramenta também se dá segundo esse eixo, para efetuar a operação ao longo do comprimento da peça. O penetramento é um movimento segundo um eixo perpendicular ao eixo de revolução da peça, o eixo x . Esta ação é sobretudo importante na operação de facejamento. Contudo, existem tornos mais sofisticados que permitem a utilização de um terceiro eixo, o y . Estes tornos CNC permitem realizar operações de fresagem num torno mecânico, através do *live tooling*. A peça permanece estática e o movimento de corte passa a estar na ferramenta que se encontra orientada segundo a direção y , mas que possui movimentos nas 3 direções [11].

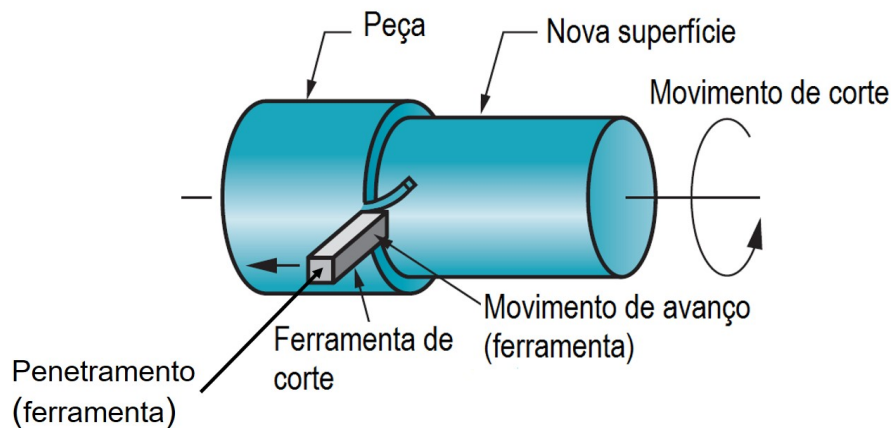


Figura 18: Operação de torneamento [4].

Nota: Para obter informação sobre a arquitetura de tornos convencionais poderá ser consultada a referência [12].



Figura 19: Torno Convencional [13].

Existem diferentes operações que podem ser realizadas num torno e a cada uma delas está associado um tipo específico de ferramenta, como é ilustrado na Figura 20. Dentro de cada tipo de operação ainda existem ferramentas com formas e dimensões diferentes que permitem o fabrico de formas, de maior ou menor complexidade [5, 9].

1. **Facejar** - produzir uma superfície numa extremidade da peça, perpendicular ao eixo da mesma, sendo o avanço dado na direção do penetramento [5, 9];
2. **Tornear Exterior Cônico** - produzir uma superfície cônica ao longo do comprimento da peça. Para isso tem de haver simultaneamente avanço na direção de avanço e na direção do penetramento, existindo um ângulo entre a ferramenta e o eixo da peça [5];
3. **Perfilar** - como o próprio nome indica, criar um perfil através de uma ferramenta de torneamento exterior que não siga uma trajetória retilínea, mas sim curvilínea [5];

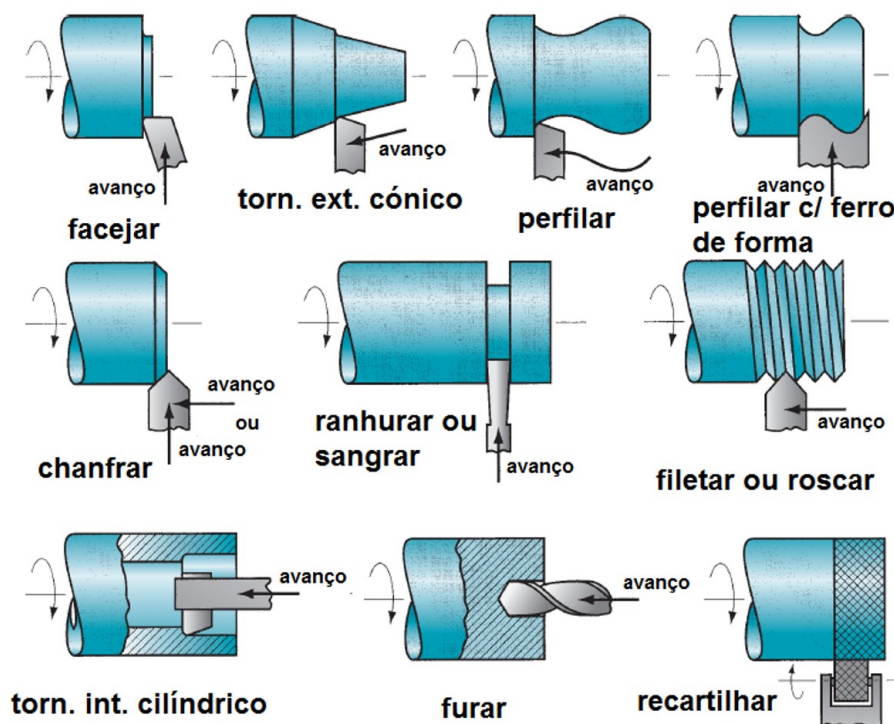


Figura 20: Diferentes operações de torneamento e respetivas ferramentas (Adaptado de [14]).

4. **Perfilar com Ferro de Forma** - obter um determinado perfil, por razões funcionais ou estéticas, através de uma ferramenta com a forma complementar do contorno desejado cujo avanço se dá na direção do penetramento [5, 9];
5. **Chanfrar** - cortar uma esquina da peça de forma a criar um chanfro, sendo o movimento de avanço horizontal ou vertical [5];
6. **Ranhurar ou Sangrar** - realizar o avanço na direção perpendicular ao eixo. Para ranhurar mantém um determinado penetramento, para sangrar o ferro penetra a peça até o seu eixo para a separar em duas partes [5, 9];
7. **Filetar ou Roscar** - criar roscas ou arredondamentos interiores e exteriores no cilindro (uma ferramenta afiada avança paralelamente ao eixo da peça a uma precisa e elevada taxa de avanço) [5, 9];
8. **Tornear Interior Cilíndrico** - uma ferramenta semelhante à utilizada para o torneamento exterior cilíndrico permite alargar furos já existentes ou criar o acabamento superficial desejado (sendo o avanço realizado paralelamente ao eixo da peça) e criar ranhuras interiores [5, 9];
9. **Furar** - com uma broca estática que avança paralelamente ao eixo da peça permite criar furos ou mandrilá-los se a ferramenta for um mandril [5, 9];
10. **Recartilhar** - aumentar a rugosidade da superfície cilíndrica, o que não é considerado uma operação de maquinagem porque não há corte de material [5, 9].

2.3.2 Fresagem

A fresagem é um processo de maquinagem caracterizado pela utilização de ferramentas com múltiplas arestas de corte, as fresas, que possuem um movimento de rotação, isto é, o movimento de corte. O movimento de avanço e o penetramento são, geralmente, conferidos à peça [15]. A remoção do material ocorre enquanto a ferramenta percorre o caminho desejado sobre a peça a maquinar [9], permitindo a criação de superfícies planas [5]. Nas fresadoras, Figura 21, o eixo de rotação da ferramenta é perpendicular à direção de avanço, o que distingue este processo da furação, como veremos na secção seguinte.

É um processo que tem uma ampla aplicabilidade com elevadas taxas de produção o que o torna altamente competitivo e muito utilizado. Para além disso, a operação de corte é interrompida e as ferramentas, ao terem diversas arestas de corte (dentes), permitem que quando um dente sai da zona de serviço, entre outro e o corte não termine durante cada revolução da ferramenta devido à existência de várias arestas [5].



Figura 21: Exemplo de Fresadora: fresadora horizontal de joelho [16].

É possível distinguir dois métodos principais de fresagem a periférica ou tangencial e a frontal ou de topo.

- **Periférica ou tangencial** - neste caso, o eixo de rotação da fresa é paralelo à superfície de trabalho e a nova superfície é gerada pelo gume principal, zona lateral da fresa e responsável pelo corte de material, como é ilustrado na Figura 22 [5, 15].

Também dentro deste método de fresagem periférica existem dois tipos de fresagem:

- **fresagem a puxar ou concordante** - a velocidade de corte tem o mesmo sentido que o avanço da peça, Figura 23. É utilizada, em peças delgadas, quando se pretende efetuar grandes profundidades de corte. O corte inicia-se com uma apara grossa que vai diminuindo de espessura. Uma vantagem deste tipo de fresagem é que a ferramenta, ao trabalhar sobre a peça comprimida fortemente contra a mesa da fresadora, não requer uma fixação muito exigente da peça [5, 9, 15].

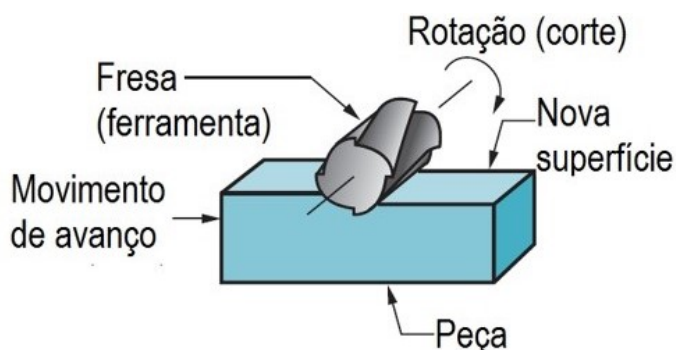


Figura 22: Exemplo de fresagem periférica ou tangencial [4].

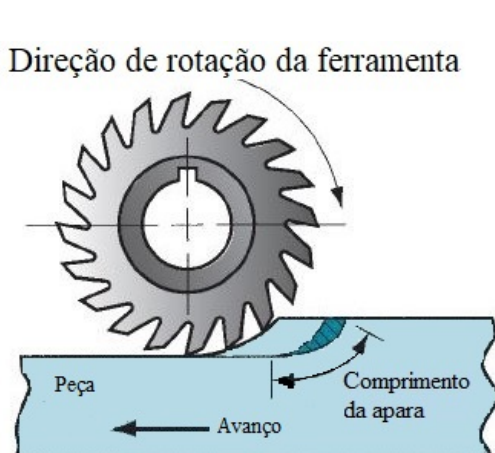


Figura 23: Fresagem Concordante (Adaptado de [5]).

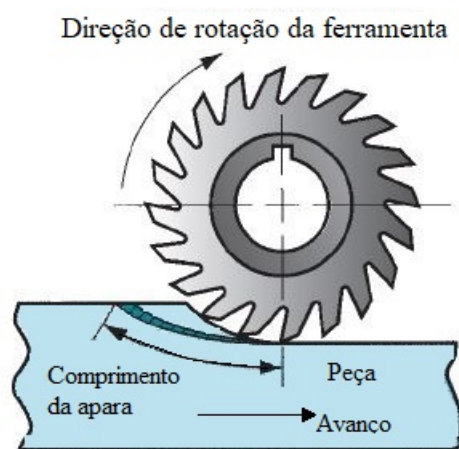


Figura 24: Fresagem Discordante (Adaptado de [5]).

- **fresagem a empurrar ou discordante** - a velocidade de corte tem sentido contrário ao avanço da peça, o que provoca um corte mais suave. A apra, inicialmente fina, vai aumentando a sua espessura ao longo do corte, Figura 24. Este é o método mais comum de fresagem, mas apresenta uma desvantagem preocupante. A peça tem tendência a levantar da mesa, quando a fresa começa a cortar material, devido à direção de rotação da mesma. Logo, é necessária uma maior atenção ao modo de fixação da peça. Para além disto, o atrito entre a ferramenta e a peça no início do corte é maior, porque há um impacto entre os dois objetos, o que provoca maior desgaste da ferramenta [5, 9, 15].
- **Fresagem frontal ou de topo** - este tipo de fresagem caracteriza-se pela perpendicularidade do eixo da fresa à superfície de trabalho e pela nova superfície ser gerada pelo gume secundário, zona da secção reta da fresa, como ilustra a Figura 25 [5, 15].
Este tipo de fresagem deve ser, preferencialmente utilizado, pois apresenta elevada produtividade e um equilíbrio de esforços na peça, pois ocorrem simultaneamente, as fresagens concordante e discordante [15].
Quando o diâmetro da fresa for superior à largura da peça estamos perante uma fresagem frontal convencional; se apenas uma parte da ferramenta é utilizada, ou seja, a fresa só encontra material para cortar de um lado, ocorre uma fresagem frontal parcial; quando se

abre uma ranhura, porque o diâmetro da fresa é inferior à largura da peça realiza-se uma fresagem de topo [5, 9]. Estas três situações estão representadas na Figura 26.

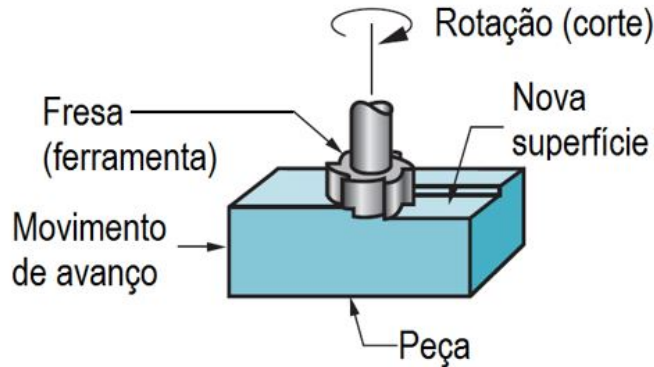


Figura 25: Exemplo de fresagem frontal ou de topo [5].

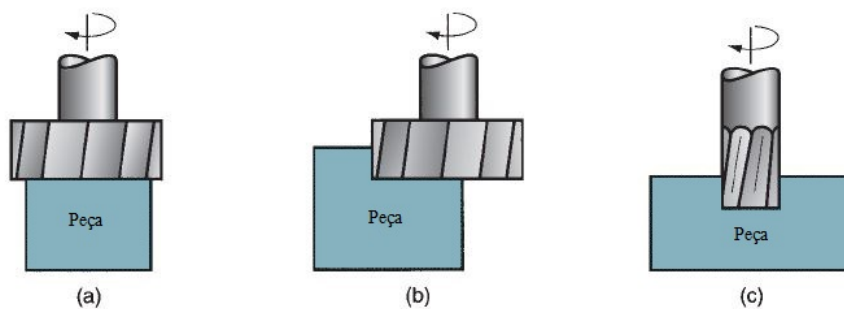


Figura 26: Fresagem Frontal: (a)fresagem frontal convencional; (b)fresagem frontal parcial; (c)fresagem de topo (Adaptado de [4]).

2.3.3 Furação

A furação é uma das operações de produção mais importantes e é o processo mais utilizado na abertura de furos em peças [9].

As ferramentas utilizadas chamam-se brocas e caracterizam-se por possuírem duas arestas de corte na ponta da ferramenta. A forma da aresta de corte em hélice permite a remoção da aparas pelos canais entre as arestas de corte. Pode haver necessidade de utilizar uma broca com fluído de corte no interior, com pressão para projetar a aparas e ser mais fácil, assim, a sua remoção, quando se maquinam furos muito profundos [5, 17].

Para a abertura de furos cuja profundidade é superior a aproximadamente 3 vezes o diâmetro da broca, recorre-se ao *efeito pica-pau* ou *furação progressiva*. Nestes casos, ao invés de se perfurar o comprimento total do furo de uma só vez, são realizadas várias passagens. A broca entra e sai da peça, sucessivamente, removendo a aparas de apenas uma parte do comprimento total do furo, até se atingir o comprimento pretendido. Esta técnica permite uma remoção da aparas mais eficaz, impedindo que o furo fique entupido pela mesma. Consequentemente, conduz a um aumento da vida da ferramenta uma vez que evita o seu sobreaquecimento. Os movimentos de avanço e recuo

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

da ferramenta são rápidos, a fim de se rentabilizar o processo [18].

Tal como tinha sido mencionado, a furação distingue-se da fresagem nos movimentos relativos entre a ferramenta e a peça. Neste processo de fabrico, a ferramenta possui um movimento de rotação, responsável pelo corte e um de avanço, perpendicular à superfície da peça onde irá ser aberto o furo, como ilustra a Figura 27 [17].

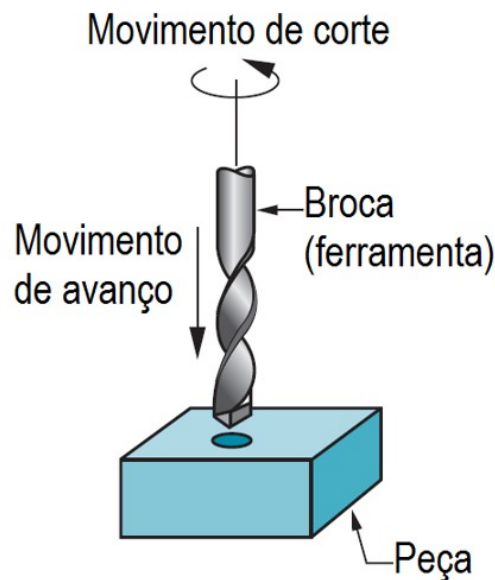


Figura 27: Operação de furação [4].

À semelhança do torneamento e da fresagem, a velocidade de corte e a de avanço dependem diretamente da frequência de rotação do objeto que detém o movimento de rotação. A velocidade de corte, em m/min , é calculada a partir da equação 11 e a de avanço, em mm/min , a partir da equação 12 [5].

$$v_c = \frac{\pi D n}{1000} \quad (11)$$

Onde: v_c é a velocidade de corte, em m/min ;
 D é o diâmetro original da peça, em mm ;
 n é a frequência de rotação, em rpm .

$$f_r = f n \quad (12)$$

Onde: f_r é a velocidade de avanço, em mm/min ;
 f é o avanço, em $mm/rotação$;
 n é a frequência de rotação, em rpm .

Um facto interessante sobre a furação é que esta não tem de ser, forçosamente, realizada numa furadora como a da Figura 28, sendo que outras máquinas-ferramenta, como os tornos e as fresadoras também a podem realizar pois, existe sempre um movimento de rotação relativo entre a peça e a broca [5].



Figura 28: Exemplo de furadora: furadora de coluna [19].

Tal como o torneamento, também a furação possui algumas operações diferentes entre si e, como tal, necessitam de ferramentas com formas e tamanhos específicos. As ferramentas utilizadas caracterizam-se por terem, normalmente, comprimentos bastante superiores ao diâmetro para poderem efetuar furos com profundidades elevadas. De facto, é o comprimento de aresta de corte da broca que define o limite de profundidade do furo a ser criado [9].

Na Figura 29 encontra-se um exemplo das principais operações de furação que se podem realizar e a ferramenta correspondente.

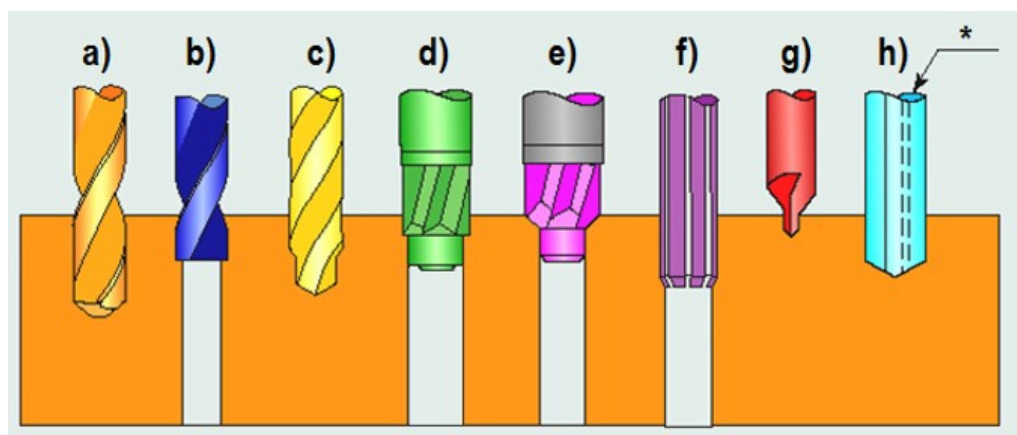


Figura 29: Diferentes operações de furação e respetivas ferramentas [17].

- a) **Furar** - abrir furos cegos ou passantes através de uma broca helicoidal;
- b) **Alargar** - utilizar uma broca sem ponta para se fazer o alargamento de furos já existentes;
- c) **Furação escalonada** - uma broca escalonada permite abrir furos com diferentes diâmetros consecutivos, realizando furos passantes com caixas cilíndricas ou cónicas;
- d) **Alargar** - alargar furos para fazer as caixas cilíndricas para cabeças de parafusos, através de brocas de alargar com guia;
- e) **Escarear** - alargar furos para a realização de caixas cónicas para as cabeças de parafusos, através de brocas de escarear;
- f) **Mandrilar** - utilizar um mandril, uma ferramenta cujas ranhuras podem ser retas ou helicoidais, que permite alargar furos e obter as tolerâncias desejadas;
- g) **Centrar ou pontear** - fazer o guiamento para uma broca helicoidal no local onde se pretende abrir um furo ou para fazer um pequeno furo do material em bruto para ser fixado por um contra-ponto num torno, através de brocas de ponto;
- h) **Furação canhão** - (*canal para fluído de corte) é usada para abrir furos profundos. A chamada broca canhão possui canais interiores por onde é injetado um fluído de corte com pressão para empurrar a apar pelos canais da ferramenta e facilitar a sua remoção [5, 9, 17].

Geralmente, para que a broca saia, sem causar problemas na peça, do furo criado, o furo apresenta um diâmetro ligeiramente superior ao da broca, sendo que essa diferença depende da qualidade da ferramenta e do equipamento utilizado. No entanto, existem situações em que o furo apresenta diâmetro inferior ao da broca que o abriu. Isto acontece quando o material a maquinar expande durante o processo de furação devido ao calor gerado no processo e quando arrefece contrai [9].

2.3.4 Aplainamento, Desbaste e Brochagem

O aplainamento, o desbaste e a brochagem são três processos bastante similares que serão brevemente explicados.

Como é visível na Figura 30, o aplainamento e o desbaste utilizam ferramentas monofilares que removem material segundo um movimento linear interrompido. Esta interrupção de movimento origina uma carga de impacto importante na ferramenta, sempre que encontra a peça para iniciar o corte [5]. A principal diferença entre os dois processos reside no elemento responsável pela realização desse movimento linear. No desbaste, a) da Figura 30, a ferramenta é a responsável pelo movimento linear de corte, já no aplainamento, b), o movimento linear de corte pertence à peça. Estes processos também diferem no movimento de avanço pois, no desbaste o avanço intermitente é dado pela peça e no aplainamento o mesmo é dado pela ferramenta [5, 9]. O aplainamento é o mais indicado para peças de grandes dimensões, com áreas até $25 \times 15 \text{ m}^2$, enquanto o desbaste para peças muito mais pequenas, com áreas até $1 \times 2 \text{ m}^2$ [9].

Todos estes processos têm como objetivo obter superfícies planas retas e produzir ranhuras ou entalhes ao longo do comprimento da peça, como as ilustradas na Figura 31 [9].

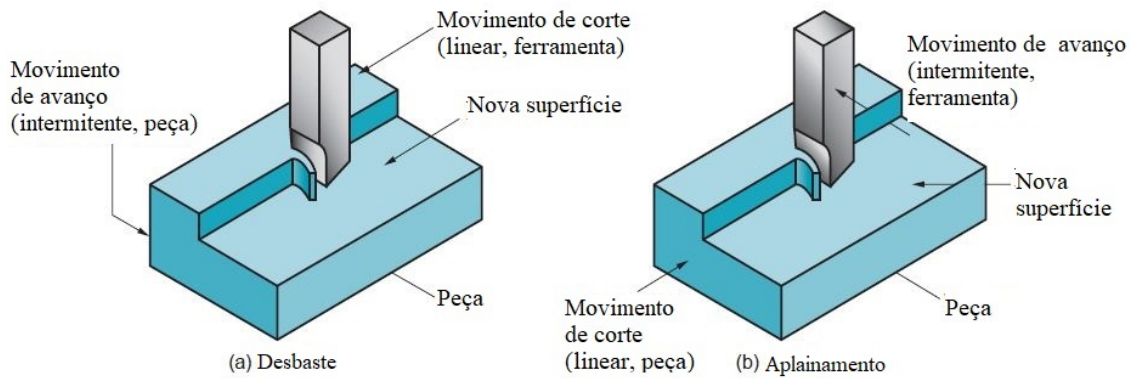


Figura 30: Operações de: (a) Desbaste e (b) Aplainamento (Adaptado de [5]).

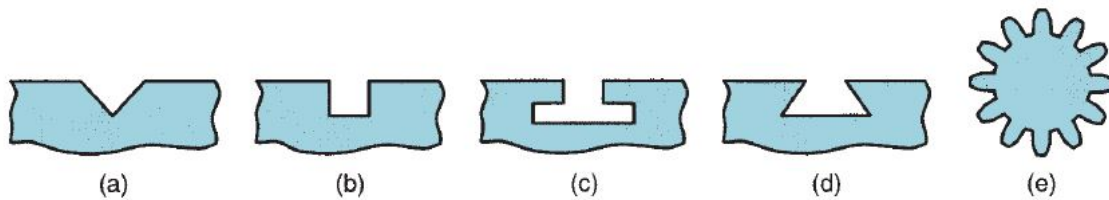


Figura 31: Formas obtidas por desbaste ou aplainamento: (a) ranhura em V; (b) ranhura quadrada; (c) ranhura em T; (d) ranhura angular; (e) dentes de engrenagens [5].

A brochagem, por sua vez, semelhante aos processos de desbaste ou aplainamento, é um processo mais caro mas mais produtivo, permitindo obter uma maior variedade de formas quer externas (brochagem exterior), quer internas (brochagem interior), com bons acabamentos e tolerâncias apertadas, Figura 32 [5].

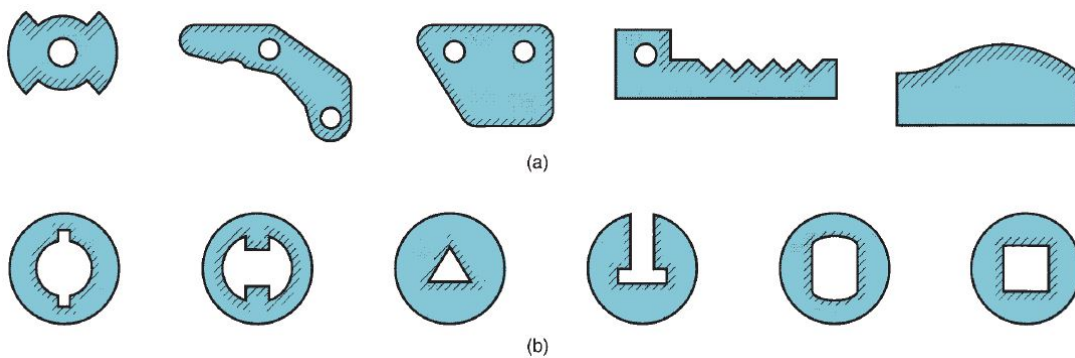


Figura 32: Formas obtidas por brochagem: (a) exterior e (b) interior [5].

No entanto, a ferramenta utilizada nas brochadoras, Figura 33, e ilustrada na Figura 34 é bastante diferente da utilizada nos outros dois processos. É uma ferramenta com várias arestas de corte que permite retirar grandes quantidades de material numa só passagem, o que teria de ser realizado em múltiplas passagens caso se recorresse a outro processo [5, 9].



Figura 33: Brochadora vertical [20].

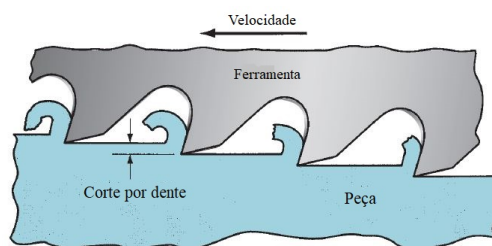


Figura 34: Operação de brochagem (Adaptado de [5]).

2.3.5 Retificação

Muitas vezes, utilizar os processos atrás descritos não basta para se obter a precisão dimensional e geométrica e/ou a rugosidade necessárias. Para isso, recorre-se com frequência a retificadoras, Figura 35, obtendo-se, assim, o acabamento superficial desejado [9].

A retificação é um processo de maquinagem cujo arranque da apara é um pouco diferente dos processos já tratados. Neste caso, são removidas pequenas quantidades de material através de uma ferramenta abrasiva, uma mó, formada por partículas muito pequenas e duras, de formas irregulares unidas por um aglutinante. Estas partículas funcionam como pequenas ferramentas com múltiplas arestas de corte que produzem aparas muito pequenas [9]. Entre as partículas, existem espaços vazios, que permitem o controlo da porosidade e que servem como canais de saída para a apara [21].



Figura 35: Retificadora cilíndrica universal [21].

Na verdade, o processo de retificação assemelha-se ao de fresagem pois, o corte pode dar-se na periferia ou no topo da mó. Distinguem-se dois principais tipos de retificação plana: a retificação

periférica ou tangencial e a frontal ou de topo, exemplificadas na Figura 36. Esta figura demonstra que o movimento de corte está sempre associado à ferramenta, bem como o deslocamento em profundidade (penetramento). Nos casos (a) e (b) da Figura 36, a ferramenta pode efetuar avanços laterais (axiais); nos casos (a) e (c), a mesa plana possui um movimento linear alternativo que permite a realização de avanço principal (circunferencial); nos casos (b) e (d), o avanço principal é realizado por uma mesa rotativa [5, 21].

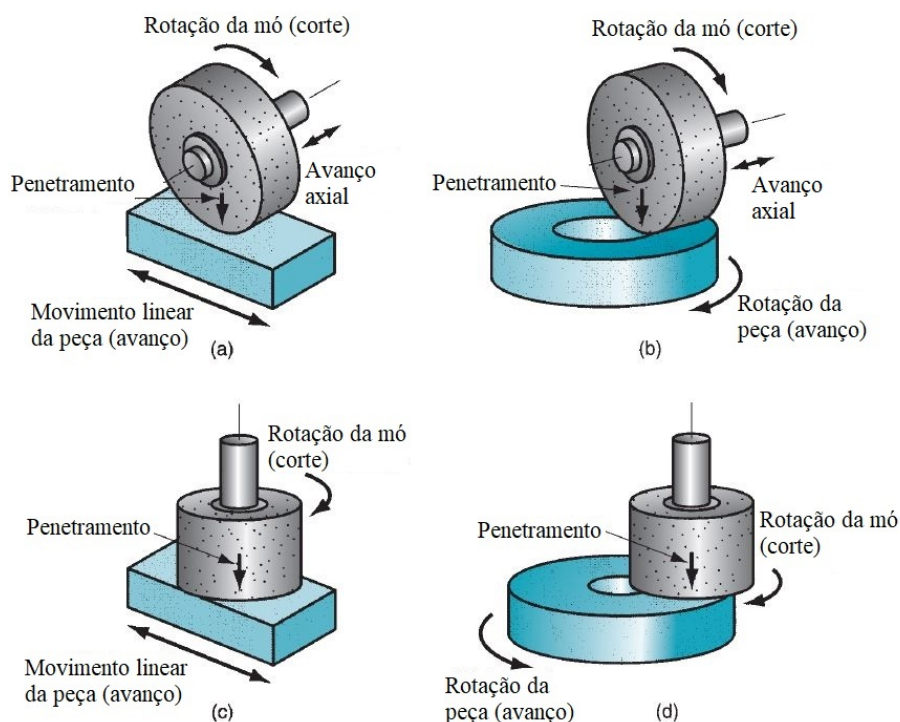


Figura 36: Diferentes tipos de retificação plana: a) eixo horizontal com mesa plana de movimento linear, b) eixo horizontal com mesa rotativa, c) eixo vertical com mesa plana de movimento linear, d) eixo vertical com mesa rotativa (Adaptado de [5]).

Para além da retificação plana também existe a cilíndrica que pode ser interior ou exterior. Na retificação cilíndrica exterior, a peça e a mó possuem movimento de rotação, sendo o movimento da mó o movimento de corte e o movimento da peça o movimento de avanço circunferencial. O deslocamento em profundidade (penetramento) é sempre dado pela mó e o avanço lateral (axial) pode ser dado pela mó ou pela peça, Figura 37. Por sua vez, na retificação cilíndrica interior, o movimento de corte é dado pela mó, o movimento de avanço circunferencial pode ser dado pela peça, estando esta em rotação, ou pela mó, estando, neste caso, a peça fixa. O penetramento e o avanço axial são dados pela ferramenta, Figura 38 [5, 9, 21].

Também é possível retificar superfícies complexas como engrenagens e cambotas. De facto, para a retificação de certas peças como as engrenagens, a mó tem uma forma igual ao espaçamento dos dentes da engrenagem de forma a retificar apenas os dentes da mesma, como é demonstrado pela Figura 39. Sendo estes elementos de precisão é necessário que os riscos que ficam nos dentes devido à sua maquinagem sejam removidos e a superfície tenha uma baixa rugosidade. Deste modo, previnem-se fenómenos de fadiga que facilmente se propagariam, podendo levar à destruição do dentado [9, 21].

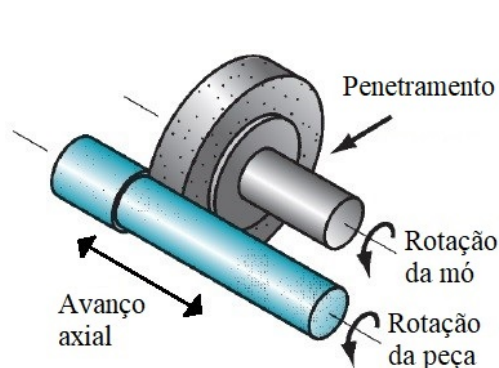


Figura 37: Retificação cilíndrica exterior (Adaptado de [5]).

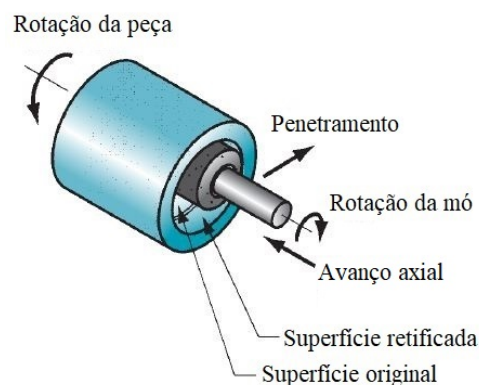


Figura 38: Retificação cilíndrica interior (Adaptado de [5]).



Figura 39: Retificação de engrenagens [21].

Ainda que similar, a retificação distingue-se da fresagem em alguns pontos:

- tipo de ferramenta utilizada: uma mó possui grãos muito menores e em maior quantidade do que os dentes de uma fresa;
- velocidade de corte: utilizam-se velocidades muito superiores na retificação relativamente às da fresagem. Rondam os 20-30 m/s, podendo atingir os 150 m/s, em casos especiais;
- as partículas de corte têm uma orientação aleatória e, geralmente, apresentam um ângulo de ataque muito alto e negativo, rondando os -60° , provocando uma deformação plástica superior à dos outros processos de maquinagem;
- a mó, contrariamente às fresas, é auto-afiada. Com o desgaste algumas partículas são eliminadas expondo novas, abrasivas. Outras acabam por se partir, criando novas arestas de corte [5, 9].

2.4 Maquinagem de engrenagens

Atualmente, as engrenagens podem ser fabricadas através de diferentes processos. Ainda que a fundição, a injeção de plástico, o forjamento, ou a metalurgia dos pós sejam processos pelos quais se podem realizar as rodas constituintes das engrenagens, não serão contemplados neste

documento, uma vez que esta tese aborda a maquinagem de componentes mecânicos [22]. Assim sendo, explicar-se-ão alguns métodos de criação de engrenagens por maquinagem.

Os métodos de maquinagem de engrenagens podem ser divididos em dois grupos: **corte por formação** e **corte por geração** [22].

As engrenagens podem ser obtidas por dois métodos distintos de corte por formação.

- **Brochagem** - as brochadoras realizam engrenagens interiores e exteriores. Em ambos os casos, a ferramenta tem a forma complementar da engrenagem que se quer produzir. Para as engrenagens interiores a ferramenta possui engrenagens sucessivamente maiores para que a altura do dente não seja obtida numa só passagem. Tal como já foi mencionado, este é um processo caro devido à complexidade das ferramentas e à necessidade de uma ferramenta diferente para cada tamanho de engrenagem. Portanto, só é rentável para largas produções. [5, 9];
- **Fresa módulo** - a formação do dentado de uma engrenagem é feita através de uma fresa de disco com a mesma forma dos espaços entre os dentes da roda, Figura 40. Os dentes, ou melhor, os espaços entre os dentes são abertos individualmente, e a cada abertura é necessário rodar a peça para que o próximo espaço seja criado no local correto. Isto torna o processo pouco apelativo para grandes produções ou engrenagens com muitos dentes. A vantagem é o custo acessível da ferramenta, inferior ao dos outros processos. Por outro lado, o elevado tempo de produção faz com que o processo seja utilizado em fresadoras convencionais para baixos volumes de produção, ou grandes volumes de engrenagens, com poucos dentes [5, 9, 22].

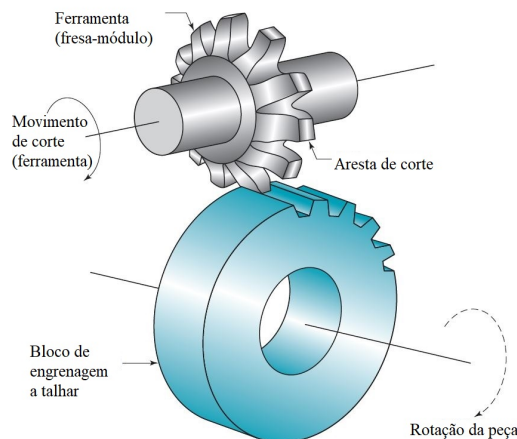


Figura 40: Exemplo do processo de formação por fresa módulo (Adaptado de [5]).

Os processos de corte por geração, métodos mais flexíveis e de produção mais rápida são, brevemente, apresentados de seguida [22].

- **Fresa mãe ou Geração por Caracol ("Hobbing")** - como o próprio nome indica a ferramenta utilizada assemelha-se a um caracol, um parafuso sem-fim com múltiplas arestas de corte e cortes longitudinais alternados que formam os dentes do sem-fim, Figura 41. O corte

é realizado com o caracol e a peça animados de movimento de rotação de forma a criarem um engrenamento do tipo "roda-coroa / parafuso-sem-fim". Assim, a ferramenta deve rodar a uma velocidade elevada e a engrenagem produzida deve girar lentamente de maneira a satisfazer a relação de transmissão dada pela equação 13. Isto permite que, para ferramentas com uma rosca, por cada rotação da peça, a ferramenta tenha de rodar tantas vezes quanto o número de dentes que tem de produzir nessa engrenagem [9, 22]. Também é necessário um movimento linear para que a ferramenta interaja com a peça a maquinar e permita a maquinagem da roda na totalidade da sua largura [5, 9]. A Figura 42 descreve este processo de maquinagem.

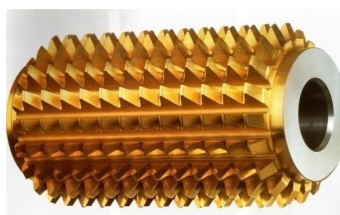


Figura 41: Fresa-mãe ou ferramenta tipo caracol (*HOB*) [22].

$$i = \frac{\text{número de entradas do caracol}}{\text{número de dentes da peça}} = \frac{RPM \text{ da peça}}{RPM \text{ do caracol}} \quad (13)$$

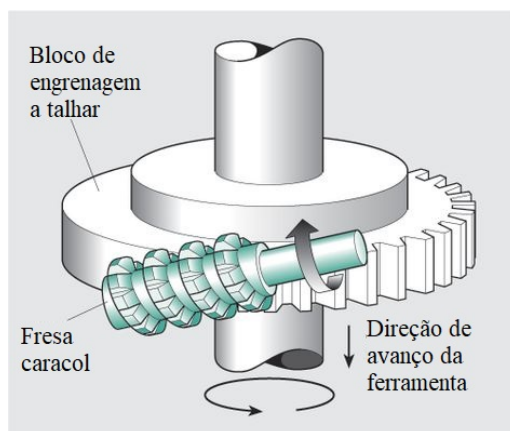


Figura 42: Operação de maquinagem de engrenagens por fresa-mãe ou ferramenta tipo caracol (Adaptado de [23]).

Como é evidente, a ferramenta possui um determinado ângulo de hélice e, por isso, para talhar rodas de dentado reto, o ângulo entre o eixo do caracol e o da engrenagem não talhada é 90° menos o ângulo de hélice da ferramenta [5]. Por sua vez, talhar uma engrenagem de dentado helicoidal requer a inclinação da ferramenta num ângulo igual à soma ou subtração do ângulo de hélice do caracol e do ângulo de hélice da peça, se as hélices tiverem o mesmo sentido, ou sentidos opostos, respetivamente [22].

Este processo permite obter engrenagens de grande qualidade e boa precisão dimensional de forma muito mais rápida que os processos já apresentados, pois produz vários dentes ao mesmo tempo. Assim, é adequado na baixa, média ou alta produção, sendo economicamente mais rentável nas duas últimas, já que o equipamento e ferramentas necessárias são mais complexos e, por conseguinte, mais caros [5, 9].

- **"Shaping": Corte por cremalheira ou buril-pinhão** - este processo diferencia-se dos anteriores na medida em que a ferramenta não possui um movimento de rotação, mas sim linear, vertical, que promove a criação do dentado, sendo o eixo da ferramenta paralelo ao da peça. Como é visível na Figura 43, a ferramenta de corte possui a forma do par conjugado da roda que se pretende produzir. Através de um movimento descendente e ascendente, é removido o material da peça, em bruto, na quantidade necessária para produzir a largura do dente, enquanto a mesma roda lentamente, como indicado na Figura 43. É, por isso, um processo utilizado quando não existe espaço suficiente para a saída de uma ferramenta do tipo caracol, como está demonstrado na Figura 44 [5, 9, 22]. Quando se pretende produzir pouca quantidade com elevada qualidade recorre-se a este processo [9].

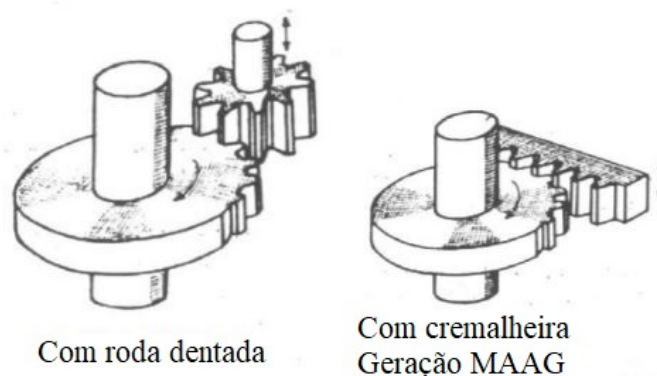


Figura 43: Operação de "Shaping": do lado esquerdo da imagem através de buril-pinhão e do lado direito através de cremalheira [24].

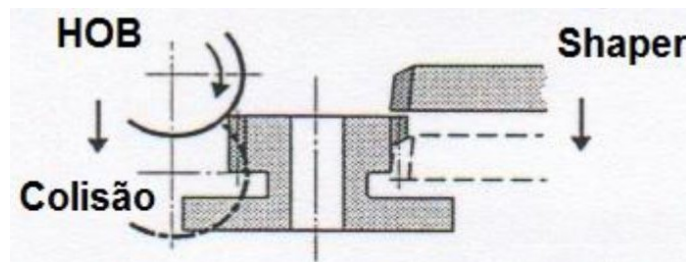


Figura 44: Diferença entre "Hobbing" e "Shaping" em relação ao espaço necessário para a saída da ferramenta [22].

- **"InvoMilling" e "Power Skiving"** - estes processos são mais recentes e muito rápidos. O **"InvoMilling"** é utilizado na produção de dentado exterior e permite a utilização da mesma ferramenta em diferentes perfis de engrenagens. O objetivo deste processo é tirar partido da programação CNC e realizar engrenagens em centros de maquinação de 5 eixos. Através da alteração do código CAM utilizado, consegue-se aproveitar o mesmo banco de ferramentas para diferentes rodas dentadas e obter a peça totalmente acabada numa só máquina. O **"Power Skiving"** é um processo de geração de dentado interior e exterior, mas preferencialmente interior. Combina a dinâmica e a cinemática dos processos **"Hobbing"** e **"Shaping"**, sendo mais rápido e flexível que estes já que, os dentes são gerados apenas com uma passagem da ferramenta e não existe um intervalo de tempo para a entrada e saída da mesma [22, 25].

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Nas Figuras 45 e 46 estão representados os processos de "*InvoMilling*" e de "*Power Skiving*", respetivamente.



Figura 45: Geração de dentado exterior por "*InvoMilling*" [26].



Figura 46: Geração de dentado interior por "*Power Skiving*" [27].

2.5 Fundição

Ainda que não seja um processo de fabrico a ser abordado com detalhe no âmbito desta dissertação, uma vez que é o mais utilizado a par da maquinagem, para a obtenção de todos os componentes não standard, entende-se que deva ser feita uma breve apresentação do mesmo. Por outro lado, na maioria das vezes, as peças fundidas são matéria-prima para a maquinagem.

A fundição é o processo tecnológico que permite obter peças através do vazamento de uma liga metálica fundida numa cavidade, chamada de moldação. Esta possui a forma fêmea da peça que se pretende produzir [28, 29]. Permite, por isso, obter peças muito simples ou com elevado grau de complexidade, de pequenas dimensões ou extremamente grandes, numa vasta gama de materiais. Caracteriza-se por ser um processo muito flexível e ideal para largas produções [28]. De forma a corroborar esta afirmação, é apresentada na Tabela 1, uma indicação do processo a utilizar em função da quantidade e da complexidade da peça a produzir [30].

No entanto, é um processo cuja tecnologia utilizada depende fortemente do material que se quer vaziar, do tipo de moldação a utilizar e da complexidade da peça. Existem, por essa razão, diversos processos de fundição.

O cárter de um cabeçote de torno é uma peça de grandes dimensões, de elevada complexidade e cavidades interiores. Analisando a Tabela 1 conclui-se que este deve ser produzido por fundição, no fabrico de apenas uma peça, ou em grandes séries. Esta foi a principal razão pela qual se fez esta abordagem à fundição. Também se decidiu realizar as tampas por fundição, para se reduzir o desperdício de material produzido na maquinagem (ver subsecções 4.6.8 Tampas e 4.6.9 Cárter do Capítulo 4 Nova Solução).

A obtenção de uma boa peça por fundição depende de muitas propriedades do material da peça a fundir e dentro delas destacam-se as seguintes:

- **colabilidade** - diz-se que um material possui boa colabilidade quando, no estado líquido, flui sem apresentar grande resistência ao movimento, permitindo encher totalmente a moldação e reproduzir todos os detalhes da mesma;
- **contração na solidificação** - neste processo, quanto menos o material contrair durante a

solidificação melhor, porque a probabilidade de surgirem rechupes (zonas da moldação não preenchidas devido à contração do material) é menor [29].

Tabela 1: Indicação de processo de fabrico a utilizar em função da quantidade e complexidade da peça a produzir [30].

	Peça simples	Peça de média complexidade	Peça de grande complexidade	Peça de grande complexidade com cavidades interiores
Protótipo ou peça única	CS, M, F	F, M, CS	F, M, CS	F
Muito pequena série (até 5 peças)	CS, M, F	CS, F, M	F	F
Pequena série (5-50 peças)	CS, M, F	F, CS	F	F
Média série (50-500 peças)	CS, M, F	F	F	F
Grande série (500-1000 peças)	F, Fo, CS	Fo, F	F	F
Muito grande série (+ 10000 peças)	Fo, F	Fo, F	Fo, F	F

F - Fundição

F_o - Forjamento

M - Maquinagem

CS - Construção Soldada

O cárter e as tampas serão fabricados em ferro fundido, por razões funcionais e produtivas. De facto, as ligas de ferro fundido são as mais utilizadas para fundição de peças, graças às suas excelentes propriedades de fundição: boa colabilidade, por serem materiais de baixa viscosidade e reduzidas contrações durante a solidificação, devido à baixa densidade da grafite. Esta, contrariamente à matriz sólida da liga, ao solidificar expande e pode compensar (em alguns casos, totalmente) a contração da mesma [29].

O ferro fundido cinzento revela piores propriedades mecânicas relativamente ao ferro fundido dúctil ou nodular, quanto à resistência mecânica, ductilidade e tenacidade. Isto deve-se ao facto da grafite ser lamelar, no caso do ferro fundido cinzento, e ser esferoidal, no ferro fundido dúctil. Contudo, o ferro fundido cinzento é mais barato e contém melhores propriedades de fundição (excelente colabilidade e contração na solidificação baixa ou nula) do que o ferro fundido dúctil,

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

cuja colabilidade é mais fraca e a contração na solidificação baixa mas mais elevada [29, 31]. Para além disto, o ferro fundido cinzento apresenta um baixo coeficiente de atrito e excelente coeficiente de amortecimento de vibrações, sendo esta a principal razão pela qual foi o material escolhido para o cárter e tampas [29, 31].

A Tabela 2, adaptada do quadro 2.1, do capítulo 2 da referência [29], resume os processos de moldação que podem ser utilizados para a fundição do ferro fundido cinzento e as limitações de cada um.

Tabela 2: Quadro resumo dos processos de moldação que podem ser utilizados para fundir ferro fundido cinzento e respetivas limitações, adaptada de [29].

Processo de moldação e fundição	Tamanho e peso da peças fundidas	Complexidade de formas		Tendência da moldação para fissurar as peças
		Formas exteriores feitas pela moldação	Formas interiores feitas por machos	
Em areia verde	De 20 g a algumas toneladas	Limitada excepto se se recorrer a machos	Quase sem limite	Pequena; Possível de ser combatida
Em areia seca ou de machos	De 20 g a centenas de kg	Quase sem limite	Quase sem limite	Grande a muito pequena; Depende da areia
Moldação em pia ou cova	Grandes limites superiores de peso	Quase sem limite se se recorrer a machos	Quase sem limite	Depende da areia: grande a pequena
Moldação em carapaça	De 20 g a 100 kg; Geralmente pequena	Limitada excepto se se recorrer a machos	Quase sem limite	Pequena
Moldação em coquilha	De 50g a 200 kg; Geralmente pequenas	Limitada pela possibilidade de extrair a peça da moldação	Sem limite se usar machos em areia; Simples se for macho de metal	Grande
Moldação para fundição centrifugada	Até poucas centenas de kg	Praticamente sem limite; Particularmente para peças de revolução	Só peças com furos cilíndricos a não ser que se recorra a machos	Nula, sem machos; Variável, com machos: depende da areia

2.6 RAMS, FMEA e FMECA

Devido ao rápido desenvolvimento tecnológico, a competitividade, na indústria, torna-se inquestionável. Isto também se deve ao facto dos clientes / consumidores se terem tornado mais exigentes com os fabricantes e fornecedores [32]. Por esta razão, surgiu a necessidade de se implementar sistemas de exploração, que garantissem a funcionalidade dos produtos, durante todo o seu ciclo de vida e que permitissem manter os custos de operação, manutenção e abate ao mais baixo nível possível [33, 34]. Assim surgiram os conceitos de FMEA, FMECA e mais tarde, RAMS.

RAMS: *Reliability, Availability, Maintainability and Safety* é uma metodologia de gestão de produtos que permite controlar, de forma previsional, os parâmetros de fiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança operacional, ao longo de todo o ciclo de vida dos sistemas, equipamentos e respetivos componentes [33].

Este conceito surgiu no século passado para ser aplicado nas indústrias aeroespacial e militar. No entanto, uma vez que a indústria, nos dias de hoje, é mais competitiva e os produtos são mais complexos, os investimentos também são maiores. A fim de combater este aumento de investimento, as técnicas RAMS têm proliferado por todos os ramos industriais [34].

As quatro esferas conceituais de RAMS estão intrinsecamente interligadas, obrigando a que, uma alteração realizada numa dessas esferas, tenha impacto imediato nas outras três. Efetivamente, um produto que não é fiável necessita de uma manutenção mais cuidada e mais frequente, para que se mantenha disponível a fim de executar a sua função. Para além disto, as falhas que ocorrem nos produtos e as operações de manutenção perigosas, colocam em risco a saúde e segurança dos operadores. É necessário, por isso, combinar estes fatores de forma a minimizar os riscos, as falhas e os custos associados à produção de um componente [34].

De forma sucinta, o RAMS é um indicador qualitativo e quantitativo do grau de fiabilidade que um item possui, para que possa cumprir a sua função, estando disponível e sendo seguro [33].

Para esclarecer o conceito de RAMS, são apresentadas algumas definições importantes.

- **Fiabilidade (*Reliability*):** probabilidade de um item (sistema, subsistema ou componente) conseguir realizar uma função requerida sob determinadas condições num intervalo de tempo definido. Depende da qualidade do item e, relaciona-se com o tempo médio para a falha ocorrer nos itens não reparáveis e com o tempo médio entre falhas nos itens reparáveis [33, 35].
- **Disponibilidade (*Availability*):** capacidade do item se encontrar num estado em que possa realizar a função requerida, sob determinadas condições, num dado instante ou intervalo de tempo, assumindo que os recursos externos necessários se encontram disponíveis. Está associada aos modos de falha específicos de funções fornecidas pelo sistema e depende da qualidade e do design do mesmo [33, 35].
- **Manutenibilidade/ Manutibilidade (*Maintainability*):** probabilidade de execução de uma ação ativa de manutenção (remoção ou restauro) num item, num intervalo de tempo estabelecido, sob determinadas condições de utilização, com relativa facilidade, economia de tempo e recursos, quando a manutenção é realizada por pessoal especializado usando os procedimentos escritos e recursos pré-definidos relativos a cada nível de manutenção [33, 34].

- **Segurança (Safety):** "ausência de risco não aceitável"[33]. É a ausência de condições que possam causar morte, ferimentos e doenças a indivíduos, danos ou perda de equipamentos, ou problemas ambientais [34]. Segundo esta definição, é um estado, ou seja, não há níveis de segurança: um item apenas pode ou não ser seguro [35].
- **Ciclo de vida do item (Life Cycle):** atividades levadas a cabo no intervalo de tempo desde que o item é concebido até ao momento em que é realizada a análise de fim de vida do mesmo [33].
- **Custo do ciclo de vida (Life Cycle Cost - LCC):** conjunto de todos os custos associados à aquisição, à operação, manutenção e fim de vida de um item [34].
- **Risco (Risk):** probabilidade da razão entre a ocorrência de uma falha ou perigo que causa danos e o grau de severidade dos mesmos [33].

Para além das referências citadas, estas definições fundamentaram-se na norma portuguesa: NP EN 50126 de 2000, intitulada *Aplicações ferroviárias - Especificação e demonstração de Fiabilidade, Disponibilidade, Manutibilidade e Segurança (RAMS)*.

O ciclo de vida de um produto pode ser dividido em 6 fases distintas, como é apresentado no fluxograma da Figura 47.

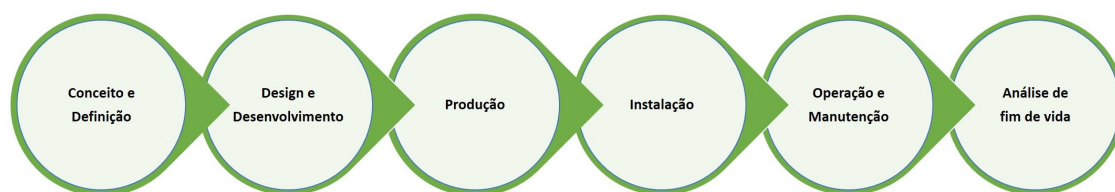


Figura 47: Ciclo de vida de um produto (Adaptado de [34]).

O RAMS atua em todas as fases do ciclo de vida do produto. Por isso, criou uma divisão, ainda mais detalhada do mesmo, com todas as atividades que devem ser realizadas durante a vida do componente. Esta tem como objetivo determinar o nível de confiança que garanta a obtenção do nível de funcionalidade (dentro de um intervalo de tempo e em segurança) do mesmo [33]. Na Figura 48, está representado o fluxograma em V do processo RAMS.

Uma fase importante do fluxograma da Figura 48 é a terceira: análise de risco. Com efeito, é nesta fase do projeto que se avaliam as potenciais falhas, bem como as suas causas e consequências. As falhas ou avarias podem ter impacto a nível da fiabilidade, da disponibilidade e da segurança de um produto, tal como no próprio meio ambiente. Para controlar as falhas e garantir fiabilidade e segurança foram desenvolvidos diferentes métodos de análise, qualitativa e quantitativa [33, 35].

Uma das metodologias mais utilizadas para a análise qualitativa é a **FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)**. Esta é um dos principais elementos da Manutenção Centrada na Fiabilidade (**Reliability Centred Maintenance (RCM)**), que é um método de planeamento da manutenção. A sua principal vantagem reside no facto de ser uma abordagem estruturada e rastreável que, permite escolher o tipo ideal de manutenção preventiva (MP) a ser realizada [35].

A FMEA é uma metodologia que identifica e minimiza os efeitos dos potenciais modos de falha de um item ou serviço. Como a exigência dos consumidores, relativamente à qualidade

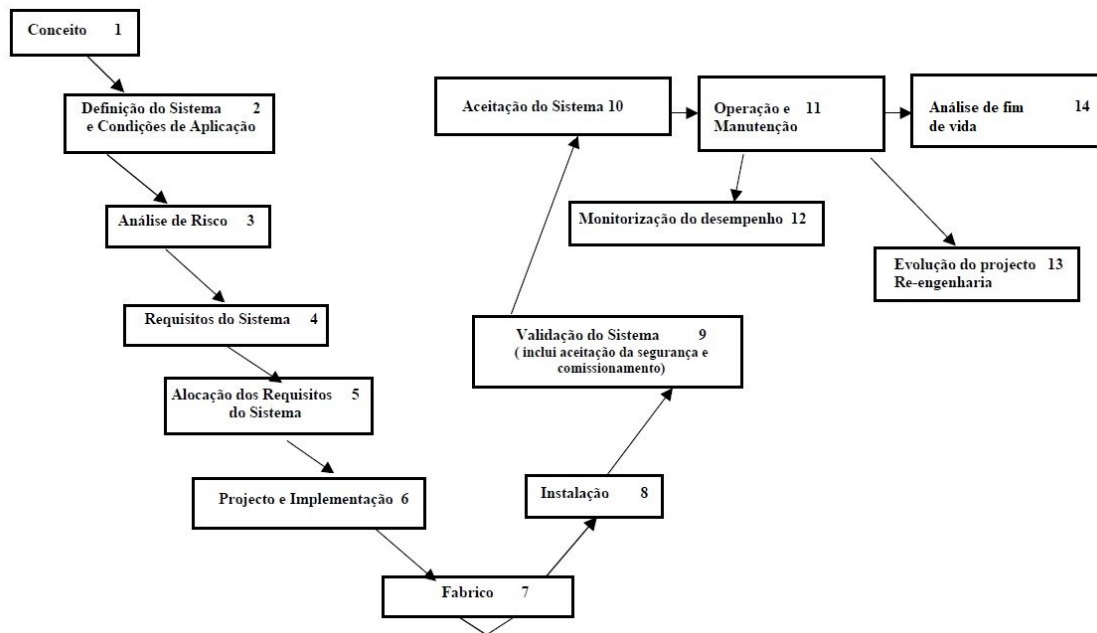


Figura 48: Fluxograma em V do processo RAMS (Adaptado de [33]).

dos produtos, aumentou, foi desenvolvido o método de análise qualitativo e quantitativo **FMECA** (*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*). Através deste método pretende-se detetar, quantificar e eliminar (sempre que possível) os pontos fracos de um item, desde a fase de conceção à de operação e manutenção [32].

A metodologia FMECA identifica e analisa os potenciais modos de falha de todos os itens e as suas causas, os efeitos que eles podem ter no sistema e ainda como evitar que ocorram e/ou diminuir os efeitos no mesmo [36]. Para além disto, ainda determina a criticidade dos modos de falha, permitindo elaborar planos de manutenção preventiva mais completos e eficazes [32].

Esta metodologia é composta por 11 etapas, enumeradas de seguida, que serão abordadas, detalhadamente, no capítulo 7. Na Figura 49 é ilustrado o formato de uma tabela da análise FMECA, que contém as informações relevantes do estudo realizado.

1. Selecionar o equipamento ou serviço a ser analisado em função da criticidade;
2. Construir um diagrama de blocos hierárquico;
3. Definir a função de cada componente do equipamento;
4. Investigar e identificar os potenciais modos de falha;
5. Determinar a taxa de falhas para cada modo de falha;
6. Identificar as causas de cada modo de falha;
7. Analisar os efeitos inerentes a cada modo de falha;
8. Atribuir a cada efeito uma categoria de severidade;

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

9. Determinar a criticidade de cada modo de falha;
10. Ordenar os modos de falha tendo em conta a sua criticidade e severidade;
11. Indicar ações de correção, prevenção e melhorias adequadas [32].

Descrição da unidade			Descrição da falha			Efeito da falha		Taxa de falha	Grau de severidade	Ações recomendadas
Ref. Nº	Função	Modo operacional	Modo de falha	Causa da falha	Deteção da falha	No subsistema	Na função do sistema			

Figura 49: Etapas da metodologia FMECA resumidas numa folha de FMECA (Adaptado de [36]).

Conclui-se, assim, que a FMEA é uma metodologia essencial na criação dos planos de controlo do processo de fabrico, assegurando a identificação das ações necessárias para o controlo das características críticas do processo.

Por sua vez, a FMECA é, igualmente, muito importante para a elaboração e implementação dos planos de fiabilização e manutenção do equipamento. É, por isso, indispensável possuir um conhecimento profundo das funções do equipamento e dos seus componentes, dos tipos de falha prováveis, das suas causas e efeitos para se implementarem medidas preventivas eficazes.

Para otimizar o processo de fabrico, é necessário fazer a revisão periódica destes dois métodos de análise de falhas.

2.7 Trabalhos antecedentes

Esta dissertação de mestrado teve como suporte a dissertação de mestrado do Eng. Luís Filipe Lopes de Araújo, "*A mechanical power transmission: considerations about its manufacturability and life cycle*", realizada na FEUP, no ano letivo de 2016/2017, tendo-se seguido, de forma adaptada, os diferentes passos realizados pelo Eng. Luís Araújo para a realização da mesma.

Esta dissertação partiu do ante-projeto de um cabeçote de torno de 6 velocidades com possibilidade de inversão mecânica da velocidade, realizado pelo aluno António Manuel Couto Carneiro, para a unidade curricular de Iniciação ao Projeto A, no ano letivo de 2017/2018. Foram apresentados novos requisitos à realização do trabalho, tal como definido nos objetivos do mesmo.

Página intencionalmente em branco

3 Cabeçote de torno de 6 velocidades com possibilidade de inversão mecânica de velocidade

3.1 Definição e requisitos do projeto

Na secção 2.3.1 da presente dissertação, aquando da explicação da operação de torneamento, foi referido que as máquinas-ferramenta que realizavam esta operação se denominavam tornos.

No enunciado do trabalho realizado pelo aluno António Manuel Couto Carneiro, para a unidade curricular de Iniciação ao Projeto A, no ano letivo 2017/18, que se encontra em anexo no relatório por ele elaborado, referência: [37], era pedido o projeto de um cabeçote de torno de 6 velocidades com possibilidade de inversão mecânica de velocidade. Os requisitos do projeto eram 3:

- rotação mínima da árvore de 240 rpm;
- rotação máxima da árvore de 1400 rpm;
- motor a seleccionar de 11 kW e 2 polos.

3.2 Solução apresentada

O aluno começou por contextualizar o projeto. Nas figuras 1 a 5 do seu relatório é possível visualizar um torno convencional paralelo, existente nas Oficinas do Departamento de Engenharia Mecânica da FEUP. Na Figura 50 encontra-se uma imagem legendada de um torno convencional, cujo cabeçote fixo é a parte do mecanismo que se pretendia projetar. Este é o componente responsável pela variação da frequência de rotação da árvore do torno. Possui, por isso, uma caixa de comando principal, com alavancas de mecanismos de seleção que permitem colocar a árvore a girar à velocidade pretendida. O cabeçote em questão (por possuir a árvore do torno) é também o componente que irá acoplar a bucha de aperto da peça. Na verdade, o cabeçote é uma caixa de velocidades, cujo veio de saída é a árvore do torno.

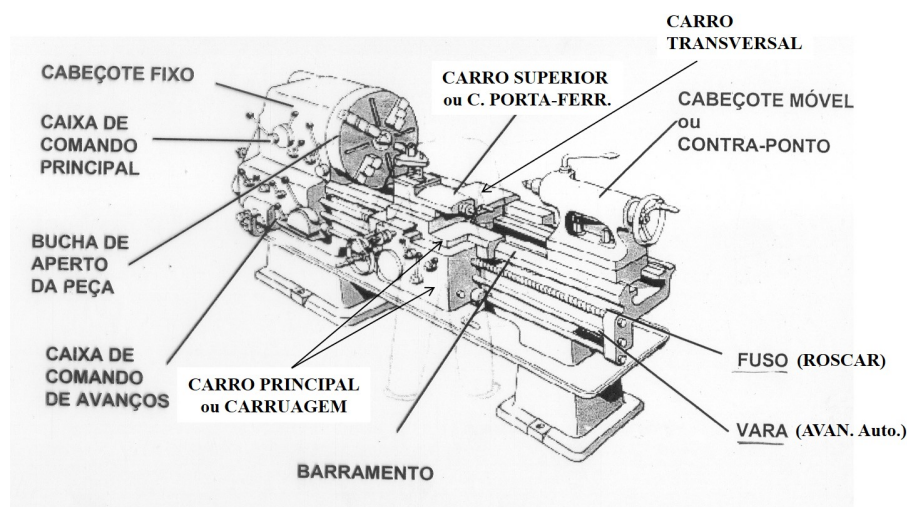


Figura 50: Legenda esquemática de um torno convencional [14].

3. Cabeçote de torno de 6 velocidades com possibilidade de inversão mecânica de velocidade

A solução apresentada por António Carneiro para a árvore de saída foi de encontro à solução construtiva existente no torno paralelo das oficinas: uma árvore oca para permitir a alimentação de barras contínuas de material a maquinar, cujo oco do nariz é cónico, para se poder acoplar um Cone de Morse e maquinar componentes entre pontos. A partir da norma DIN 228 e da informação disponível na referência [38], o aluno selecionou o cone ME80, com um diâmetro mínimo de 71,5 mm e máximo de 80 mm, que permitia uma barra, com aproximadamente 60 mm de diâmetro, ser maquinada [37].

Seguidamente e, com base nas características da bucha, previamente selecionada, em função do máximo binário transmitido pela mesma, referenciou o nariz da árvore. Para uma bucha ROHM DURO-T de tamanho 160 escolheu o nariz da árvore segundo a norma ISO 702-1, cujas características e dimensões se encontram no anexo XIII da referência [37].

Na figura 2b do relatório do António Carneiro é visível que o acionamento do cabeçote é feito por polia/correia dentada. Contudo, o aluno optou por um acoplamento direto entre o veio de entrada do cabeçote e o do motor elétrico. Não necessitou de fazer nenhuma redução pela polia, pelo que não utilizou nenhuma no seu projeto [37].

Definidos estes pontos selecionou o motor elétrico que acionaria a caixa de velocidades. Escolheu um motor trifásico, necessário para aplicações industriais, da TECO®, tendo em conta os requisitos de potência (11 kW), do número de polos (2 polos), da frequência (50 Hz) e tensão de alimentação (400 V) de uma rede elétrica industrial portuguesa, do material da carcaça (ferro fundido para amortecer vibrações), do ambiente, do arrefecimento, da montagem por patas (para que o cabeçote e o motor pudessem ser montados na mesma base, à mesma altura, o que limitou as dimensões do cárter) e da eficiência (classe IE3 (premium)). O motor escolhido foi o ALCA-0160M1-10002-IO por abranger todos os requisitos apresentados [37].

Após a escolha do motor, o aluno apresentou a escolha do acoplamento ao cabeçote. Após a realização do dimensionamento dos veios e a definição da solução final para a cadeia cinemática, já possuía as dimensões que o acoplamento necessitaria de ter. Assim, bastava escolher o tipo de acoplamento e verificar se as dimensões necessárias existiam. A escolha de António Carneiro recaiu sobre um acoplamento torsionalmente rígido, pois pretendia-se projetar uma máquina-ferramenta de elevada precisão e, por isso, a rotação da árvore teria de ser independente de variações de carga que pudessem ocorrer. Salvaguardou, ainda, que o cabeçote não poderia arrancar com o motor em carga. Isso não aconteceria, uma vez que a operação de corte só se inicia depois da árvore se encontrar a rodar à velocidade pretendida para o corte. Era necessário garantir um bom alinhamento do acoplamento para que este funcionasse. Selecionou um acoplamento da Techdrives®, um *Servoflex* do tipo 3.18 que se adequava às dimensões que necessitava e transmitia o binário de entrada na caixa, isto é, o binário nominal do motor [37].

Relativamente à cadeia cinemática, António Carneiro começou por definir que, para obter as 6 velocidades de saída, necessitava de 5 engrenagens, dispostas em 3 veios e divididas em dois grupos: um mecanismo elementar de base, constituído por 3 engrenagens, e um mecanismo elementar de 1ª seleção constituído por 2 engrenagens. Optou por esta solução, porque uma vez que o cabeçote é um redutor, o momento torsor deverá ter valores progressivamente maiores à medida que nos aproximamos da saída (árvore), o que obrigará a rodas de maiores dimensões e mais robustas. Ora colocando na saída o mecanismo com menor número de engrenagens, o de 1ª seleção, não só se produz uma solução mais económica como se impede uma grande variação das razões de transmissão dentro de cada mecanismo de seleção. Nesta configuração obtêm-se as três velocidades mais baixas (n_1 , n_2 e n_3) quando uma das engrenagens do mecanismo de

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

2 velocidades está engrenada e as três velocidades mais elevadas (n_4 , n_5 e n_6) quando a outra engrenagem desse mesmo mecanismo está engrenada, Figura 51 [37]. Desta forma, para obter as 6 velocidades diferentes fixa-se uma das 2 velocidades do mecanismo de 1ª seleção, fazendo variar as 3 velocidades do mecanismo de base. Quando estas velocidades se esgotarem engrena-se a outra velocidade do mecanismo de 1ª seleção e volta-se a percorrer as 3 velocidades do mecanismo de seleção de base [37].

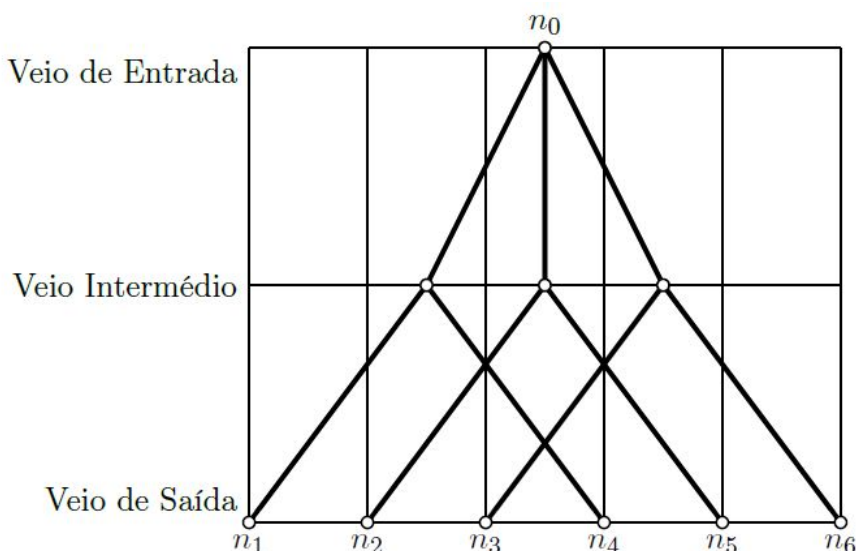


Figura 51: Diagrama de estrutura para mecanismo de seleção de base de 3 velocidades [37].

Como um dos requisitos do projeto era conseguir a possibilidade de inversão mecânica de velocidade, foram introduzidos mais dois veios (passando um deles a ser o veio de entrada) que permitissem a implementação deste mecanismo. De facto, o "terceiro veio" apresentado na Figura 52, seria o de entrada de uma caixa sem mecanismo de inversão de movimento e é, por isso, o primeiro veio do mecanismo de seleção de base. Para que estes 2 veios estivessem sujeitos a menores esforços, e as 5 rodas necessárias para o mecanismo de inversão possuíssem menores dimensões, o aluno optou por colocar este mecanismo na entrada do cabeçote. Como a introdução destes dois novos veios permitia realizar mais uma redução, foi definida uma razão de transmissão de 1,4 para um sentido de movimento e uma de 1,4118 para o outro sentido por razões construtivas [37].

Tendo este ponto de partida determinado e considerando a razão de transmissão de aproximadamente 1,4 no mecanismo de inversão, foram definidas as 6 velocidades de saída e razões de transmissão normalizadas, através das séries de Renard, regidas pela norma DIN 804. Assim, foi possível calcular o número de dentes para cada roda, tendo em consideração alguns requisitos: obter a mesma soma de dentes para todas as engrenagens do mesmo mecanismo de seleção, utilizar o menor número de dentes possível para a menor roda de cada mecanismo de seleção (sendo 17 o número mínimo de dentes para que seja evitada a interferência de corte em engrenagens com ângulo de pressão de 20°) e garantir uma diferença de 4 dentes entre as rodas do mesmo mecanismo de seleção (a fim de evitar a interferência entre os diâmetros de cabeça das rodas quando se transladar os trens móveis, se possuírem pelo menos 3 engrenagens) [37]. Para a realização deste cálculo foi, ainda, estabelecido que dentro de cada mecanismo de seleção, as engrenagens teriam o mesmo módulo. Assim, caso o número de dentes fosse igual, o entre-eixo não seria imposto e as

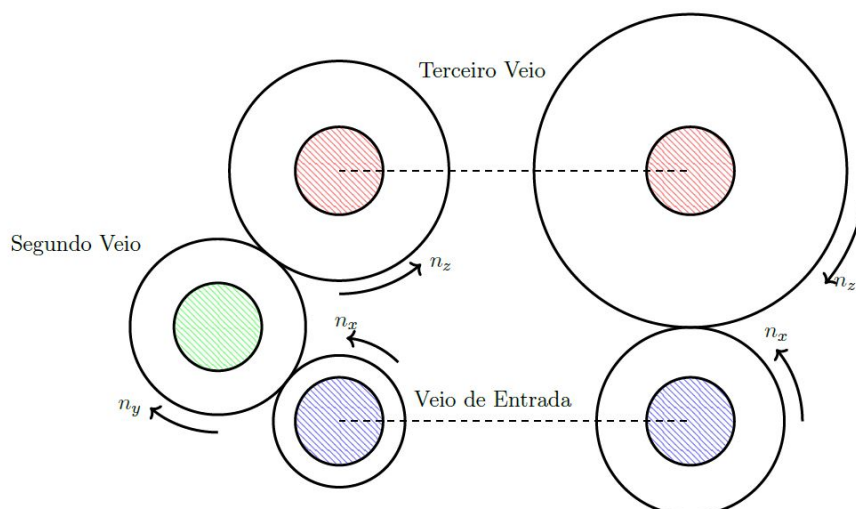


Figura 52: Esquema representativo do mecanismo de inversão mecânica do movimento [37].

correções de dentes seriam simétricas. Após ter obtido uma solução para a cadeia cinemática, que cumprisse as tolerâncias mecânicas indicadas na norma DIN 804, o aluno procedeu ao cálculo da correção de dente de cada engrenagem para equilibrar os escorregamentos específicos. Por fim, efetuou os cálculos de resistência das rodas dentadas segundo o método ISO, em relação à rotura e à pressão superficial.

Para estes cálculos selecionou o material de fabrico das rodas, o aço de construção *DIN 42CrMo4*, o RPM32 da RAMADA Aços®, capaz de conjugar elevada resistência com tenacidade. É exceção o caso de uma roda do mecanismo inversor, que necessitou de ser fabricada noutro material. Na Tabela 3, retirada de [37], encontra-se a caracterização do aço RPM32 segundo a RAMADA Aços®.

Tabela 3: Caracterização do aço RPM 32 (DIN 42 CrMo 4) [37].

Composição Química					Dureza	R_m	$R_{p0.2}$	Estado de
C	Si	Mn	Cr	Mo	(HB max)	(kg mm ⁻²)	(kg mm ⁻²)	Fornecimento
0.42	≤0.4	0.75	1.00	0.2	300	≥ 77	≥ 51	Tratado

Como já possuía uma solução inicial para as engrenagens, prosseguiu com o dimensionamento dos veios. Definiu o posicionamento relativo dos mesmos e a disposição axial das rodas. Selecionou como material dos veios o *DIN Ck 45*, cujas propriedades, fornecidas pela RAMADA Aços®, são apresentadas na Tabela 4. Com estes dados, dimensionou os veios à flecha, determinando que a flecha máxima, nos pontos de engrenamento, não poderia ultrapassar os 5% do módulo da engrenagem e fez a verificação à fadiga, uma vez que os veios estão sujeitos a flexão rotativa.

Atenda-se a uma observação importante que António Carneiro fez, relativamente ao dimensionamento à flecha do veio de saída, ou seja, da árvore do cabeçote. Não só teve em conta os esforços provenientes do engrenamento, mas também as forças de corte que surgem durante o arranque da apara. Considerou as forças axial e tangencial aplicadas no nariz da árvore. Porém, no cálculo

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 4: Caracterização do aço F 10 (DIN Ck 45) [37].

C	Composição Química			Dureza (HB max)	R_m (kg mm ⁻²)	$R_{p0.2}$ (kg mm ⁻²)	Estado de Fornecimento
	Si	Mn	Outros				
0.45	≤0.4	0.65	Cr+Mo+Ni≤0.63	-	≥ 59	≥ 33	Tratado

da flecha, enquanto a força axial atuava no eixo da árvore simplificando o cálculo, a tangencial encontrava-se a uma certa distância do eixo, provocando flexão na árvore [37].

Destaca-se, por fim, a seleção do lubrificante, cujo cálculo se baseou na teoria de Cheng. Através deste cálculo obteve a indicação que o lubrificante a utilizar deveria ser um ISO VG 320, utilizado, recorrentemente, em máquinas-ferramenta.

Todo este processo de dimensionamento, quer da cadeia cinemática, quer dos veios é um processo iterativo. O dimensionamento dos veios levou à alteração da cadeia cinemática para que todos os requisitos funcionais fossem verificados. Desta forma, o aluno obteve a solução final, formulada e sustentada, que se encontra no relatório da referência [37], pelo que, qualquer dúvida ou aprofundamento do trabalho realizado pelo mesmo, pode ser aí consultado.

A Figura 53 apresenta a disposição de todos os mecanismos, ou seja a arquitetura do cabeçote, para a solução final apresentada por António Carneiro.

3. Cabeçote de torno de 6 velocidades com possibilidade de inversão mecânica de velocidade

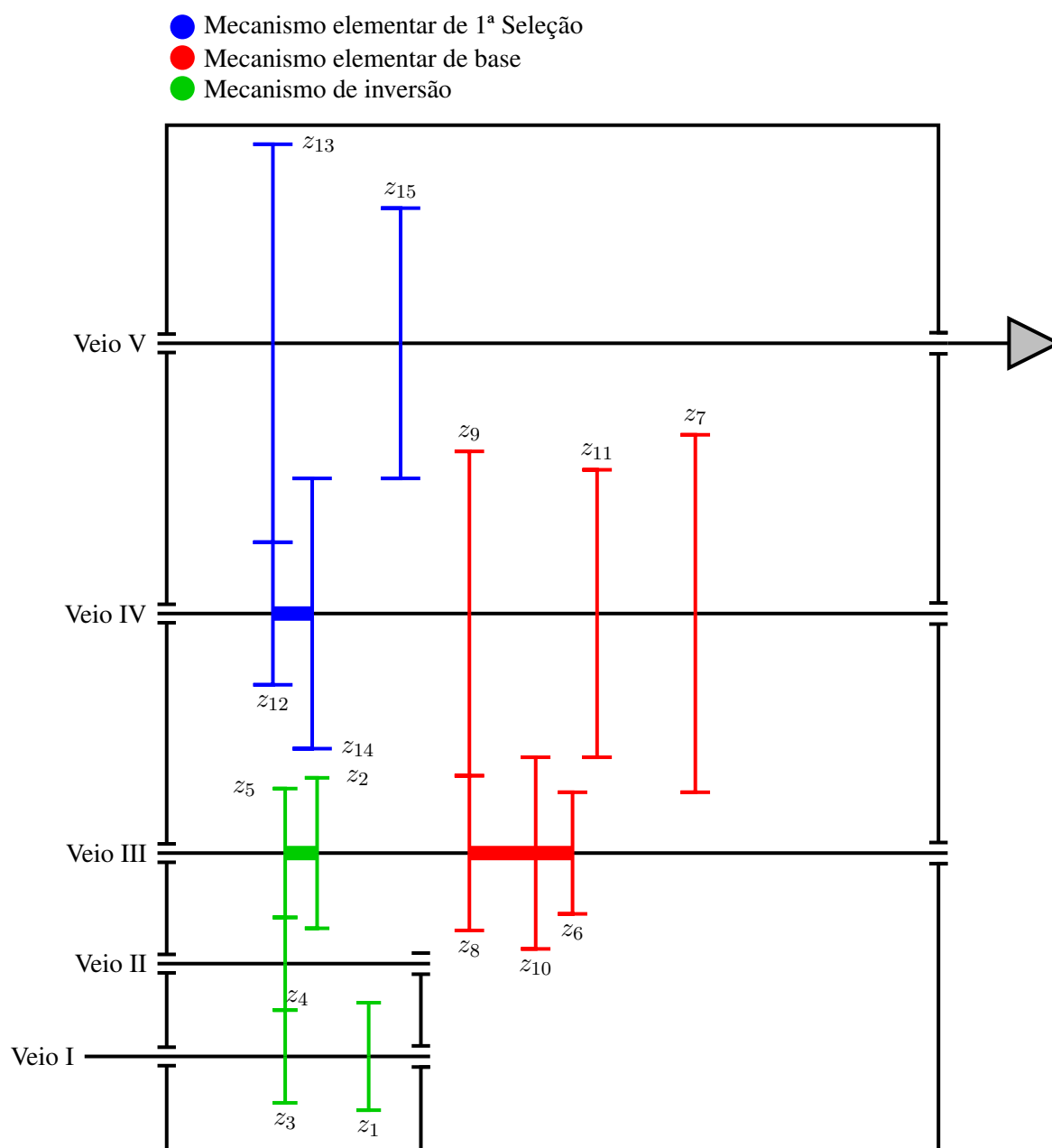


Figura 53: Cadeia cinemática do cabeçote de 6 velocidades com inversão de marcha, evidenciando a disposição axial dos mecanismos na solução final [37].

4 Nova Solução

O objetivo principal desta dissertação de mestrado é o de otimizar um projeto já existente a fim de se obter uma solução menos dispendiosa, mais eficiente e possível de ser produzida, tendo como processo de fabrico preferencial, a maquinagem. Para isso, e após ter sido feita uma análise ao projeto fornecido, foi necessário proceder a algumas modificações, não só para simplificar a produção do cabeçote, mas também para adequar o projeto a uma solução menos académica.

De facto, ainda que os tornos clássicos se encontrem um pouco em desuso, são máquinas muito interessantes do ponto de vista mecânico e requerem conhecimentos de diferentes áreas para o seu fabrico. Contudo, o projeto do cabeçote de torno de 6 velocidades com possibilidade de inversão mecânica de velocidade foi fornecido ao aluno como um exercício puramente académico, pelo que alguns critérios de elaboração foram relaxados.

Seguidamente, é feita uma distinção entre o que se removeu ou alterou na solução apresentada pelo aluno António Carneiro e aquilo que se manteve inalterado. Na sequência dessas alterações apresenta-se, depois, a nova solução e o processo para a sua obtenção.

4.1 Alterações gerais efetuadas

Uma parte realmente académica deste projeto e, que não tem utilidade prática num cabeçote de torno, é a existência de um mecanismo de inversão mecânica de velocidade. Isto porque o motor selecionado efetua essa inversão invertendo a sua polaridade. Por outro lado, a única vantagem em alterar o sentido de rotação da peça a maquinar encontra-se na realização das operações de roscagem e de furação, onde a inversão do sentido permite realizar corretamente a rosca e remover a broca e a apara mais facilmente, respetivamente. Por isso, foi solicitado pelo Prof. Luís Andrade Ferreira que se removesse o mecanismo de inversão da solução anterior. No entanto, visto que esse mecanismo era responsável por uma pequena redução de velocidade, à entrada do cabeçote, foi necessário recalcular toda a cadeia cinemática e refazer o dimensionamento dos veios. Esta remoção trouxe claras vantagens ao projeto, tendo permitido diminuir as dimensões gerais do cabeçote e o seu número de componentes. Foram removidos 2 veios, 5 rodas dentadas e, ainda, um mecanismo de seleção. Apenas esta alteração conduz a uma solução mais leve e económica, facilitando o fabrico da mesma, como será referido mais à frente, nesta dissertação.

Toda a otimização realizada ao nível da cadeia cinemática e do dimensionamento dos veios será, devidamente, justificada nas respetivas secções deste capítulo.

Foram realizadas mais 5 alterações principais ao projeto fornecido:

1. modificou-se o tipo de acoplamento entre o veio do motor e o de entrada do cabeçote. Na solução anterior, havia sido escolhido um acoplamento torsionalmente rígido. Todavia, para a aplicação em questão, será mais adequado um acoplamento torsionalmente flexível. Efetivamente, os acoplamentos rígidos têm melhores capacidades de transmissão de binário, são os mais precisos (uma vez que um erro de posicionamento, não introduz um erro no binário transmitido), baratos e de fácil manutenção. No entanto, não conseguem absorver nenhum tipo de desalinhamento entre os veios, nem choques ou vibrações. Estas são as principais desvantagens destes acoplamentos quando se pretendem aplicar em máquinas-ferramenta. Estas máquinas estão sujeitas a algum choque e vibração, proveniente do próprio mecanismo de transmissão de potência e da operação de trabalho. Ora, sendo máquinas de

precisão, devem eliminar ao máximo esses choques e vibrações e, por isso, se escolheu um acoplamento flexível. Ainda que sejam mais caros, necessitem de mais manutenção e sejam limitados na transmissão de binário, são os que permitem absorver desalinhamentos axiais, radiais e angulares, choques, vibrações e ruídos entre as máquinas acopladas [39, 40].

A partir do catálogo online da Rotex[®], escolheu-se um acoplamento Rotex[®] Standard Flexible jaw couplings, indicado pela marca para máquinas-ferramenta, cujo binário transmissível fosse superior, não ao binário nominal do motor ($35,7 \text{ Nm}$), mas sim ao de arranque do mesmo. Como se pode confirmar pela tabela do Anexo A, este é aproximadamente 3 vezes superior ao binário nominal. Isto quer dizer que o acoplamento escolhido tem de transmitir, pelo menos, $2,85 \times 35,7 = 101,745 \text{ Nm}$. Para além disto, tem de permitir acoplar um veio com 42 mm de diâmetro, uma vez que esta é a dimensão do veio do motor, e um veio com 24 mm de diâmetro do lado oposto, sendo esta a dimensão normalizada da ponta de veio do veio de entrada do cabeçote.

Assim, seleccionou-se o acoplamento Rotex[®] Standard Flexible jaw couplings, tamanho 38, em ferro fundido cinzento, que transmite um binário máximo de 190 Nm , com um componente, com furo de diâmetro 42, e um outro com furo de diâmetro 24. No Anexo B encontram-se as fichas técnicas deste acoplamento retiradas do catálogo online da Rotex[®].

2. alterou-se a bucha escolhida, porque transmitia binários muito baixos em relação aos necessários. O binário máximo necessário, ronda os 400 Nm , sendo que, considerando as perdas de binário associadas ao mecanismo, considerou-se suficiente escolher uma bucha cujo binário máximo fosse de 320 Nm . Por indicação do Eng. Nuno Lopes, escolheu-se uma bucha da SCHUNK, mais precisamente a *ROTA-S plus 500-162 A11-VP1*, cujas informações técnicas são apresentadas no Anexo C, retirado da página oficial da SCHUNK.
3. uma vez que, com a nova solução, as forças radiais sobre o rolamento da extremidade livre da árvore são baixas, em praticamente todas as situações, sendo a sua principal função de guiamento, substituiu-se o rolamento de rolos cilíndricos por um outro rígido de esferas, cuja seleção será abordada, mais à frente.
4. nos locais de alojamento dos rolamentos, no cárter, existia uma saliência para servir de encosto aos mesmos. Concluiu-se que seria muito complicado, ou mesmo impossível, maquinar os septos interiores com a existência desses encostos. Por esta razão foram eliminados e substituídos por anéis elásticos para furo.
5. para o dimensionamento à flecha também se considerou a força de corte a atuar na árvore. Contudo, alterou-se o raio médio de corte de 15 mm para 10 mm por indicação do Eng. Nuno Lopes, uma vez que, dificilmente se atinge o raio médio de corte de 10 mm . O arranque de apara chega, normalmente, até 8 mm num torno. Assim, considerar-se um raio médio de 10 mm , já é um valor conservativo e suficiente para o cálculo.

4.2 Definições inalteradas

Muitas das soluções obtidas por António Carneiro foram mantidas uma vez que as escolhas, definições e justificações dadas cumpriam os requisitos e não necessitavam de ser otimizadas. As soluções inalteradas são enumeradas de seguida.

- Motor elétrico selecionado, Anexo A;

- Tipo e dimensões dos parafusos;
- Dimensão do oco e do cone de Morse escolhidos para a árvore do cabeçote;
- Estrutura do veio de saída, árvore do cabeçote;
- Tipo de vedantes, vedantes labiais com raspador;
- Tipo de rolamentos, à exceção do rolamento já mencionado;
- Tipo e dimensões dos bujões de entrada e de saída do óleo e do indicador do nível de óleo;
- Materiais das engrenagens, dos veios, do cárter e das tampas;
- Aspetos construtivos do cárter e das tampas como espessuras e dimensões das castanhas, das patas do cárter, e dos alojamentos dos rolamentos.

4.3 Cadeia cinemática

Foi mencionado na secção 4.1 que devido à remoção do mecanismo inversor foi necessário recalcular toda a cadeia cinemática. Para iniciar este dimensionamento seguiu-se a mesma metodologia utilizada na realização da solução anterior. Deste modo, começou-se por definir as 6 velocidades de saída do cabeçote, bem como as suas razões de transmissão, através das séries de Renard. Estas são progressões geométricas cuja razão de progressão normalizada é um valor tabelado, função da razão entre as frequências máxima e mínima de rotação da árvore. Assim, garantem-se os requisitos das rotações máxima e mínima da mesma.

Para uma caixa de 6 velocidades, a razão de progressão geométrica, ϕ , é calculada através da equação 14.

$$n_6 = n_1 \phi^5 \Rightarrow \phi = \sqrt[5]{R} = \sqrt[5]{n_6/n_1} \quad (14)$$

Tendo-se calculado o valor de ϕ , calculam-se os 6 valores iniciais para as velocidades de rotação, através da equação 15.

$$n_x = n_1 \phi^{x-1} \quad \text{para } x=1, 2, 3, 4, 5 \text{ e } 6 \quad (15)$$

Na Figura 112 do Anexo D, adaptada por António Carneiro da norma DIN 804, encontram-se os valores das velocidades de rotação normalizados, em função da razão de progressão da série de Renard utilizada, e as tolerâncias mecânica e mecânica + elétrica para as séries R20. Na Tabela 49 do mesmo anexo, também retirada e adaptada da norma DIN 804, encontram-se os valores das razões de transmissão normalizadas que podem ser utilizadas [41].

Os cálculos que se realizaram, de seguida, foram exatamente os mesmos que António Carneiro utilizou. A única diferença residiu nos valores obtidos para as relações de transmissão, uma vez que a frequência de entrada considerada para o cálculo, n_0 passou a ser a frequência normalizada de 2800rpm e não de 2000rpm como acontecia na solução anterior, devido à existência do mecanismo de inversão. A frequência normalizada de 2800rpm é a mais próxima da frequência nominal do motor elétrico, isto é, 2935rpm. A primeira relação de transmissão de cada mecanismo elementar é dada pela equação 16 e as restantes são dadas pela equação 17. Nestas equações, $t_1 = 1$ por ser o

mecanismo de base e $t_2 = 3$ que corresponde ao número de velocidades do mecanismo elementar anterior.

$$u_{k,1} = \sqrt{n_1/n_0} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \frac{u_{1,k}}{u_{1,1}} &= \phi^{t_1(k-1)} = \phi^{k-1} && \text{para o mecanismo de base} \\ \frac{u_{2,k}}{u_{2,1}} &= \phi^{t_2(k-1)} = \phi^{3(k-1)} && \text{para o mecanismo de primeira seleção} \end{aligned} \quad (17)$$

Efetuada todos os cálculos necessários obteve-se a solução apresentada na Tabela 5, onde se encontram as 6 frequências normalizadas, as 5 relações de transmissão e razões de transmissão calculadas e as 5 razões de transmissão normalizadas que mais se aproximam das exatas, retiradas da Tabela 49 do Anexo D.

Tabela 5: Frequências de rotação e razões de transmissão normalizadas para o cabeçote, segundo a norma DIN 804.

Frequência de rotação normalizada [rpm]		Relação de transmissão normalizada	Razão de transmissão $i = 1/u_{j,k}$	Razão de transmissão normalizada i	
				aprox.	exato
n_1	250	$u_{1,1}$ 0,2988	3,3466	3,35	3,3497
n_2	355	$u_{1,2}$ 0,4183	2,3905	2,36	2,3714
n_3	500	$u_{1,3}$ 0,5857	1,7075	1,7	1,6788
n_4	710	$u_{2,1}$ 0,2988	3,3466	3,35	3,3497
n_5	1000	$u_{2,2}$ 0,8199	1,2196	1,18	1,1885
n_6	1400				

O restante procedimento de cálculo foi realizado a partir do software de cálculo estrutural KISSsoft® criado pela empresa KISS SOFT AG. A funcionalidade de *Dimensionamento Inicial* do módulo *Par de Engrenagens* é uma ferramenta muito útil para o cálculo de engrenagens, já que fornece um conjunto de soluções, que podem ser otimizadas através das funcionalidades de *Dimensionamento Fino* e de *Dimensionamento de Correções*. Nem todos os dados inseridos eram obrigatórios para que o software fornecesse soluções. Todavia, uma vez que a maioria deles era conhecida, e para se obter, à partida, um dimensionamento mais eficiente optou-se pela sua introdução. Assim, para a obtenção de uma primeira solução inseriram-se os seguintes dados:

- material das engrenagens: DIN 42CrMo4 temperado, cujas propriedades se encontram no Anexo E;

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

- lubrificante: tendo-se mantido o grau de viscosidade do óleo escolhido, e porque a MobilTM possui uma larga gama de lubrificantes adequados a máquinas-ferramenta, escolheu-se o óleo Mobilgear 600 XP 320, cuja ficha técnica se encontra no Anexo F;
- considerou-se a mesma temperatura de serviço que o colega tinha considerado, isto é 80°C e lubrificação com imersão em óleo;
- potência do engrenamento de 11kW;
- velocidade de rotação do pinhão;
- vida útil requerida de 20000 horas, tal como António Carneiro havia definido;
- fator de aplicação, $K_A = 1,35$. Uma vez que para o cálculo da capacidade de carga, o KISSsoft[®] segue a norma ISO 6336:2006 Método B, a escolha do valor de K_A foi feita a partir das tabelas B.1, B.2 e B.3 da norma BS ISO 6336-1:1996, que se encontram no Anexo G, Tabelas 50, 51 e 52, respetivamente. Da Tabela 51 retira-se a informação de que os motores elétricos podem trabalhar sob choques ligeiros e da 52 que as máquinas-ferramenta também trabalham sob choques ligeiros. Assim, consultando a Tabela 50 conclui-se que se deve utilizar um fator de aplicação de 1,35.

Para o primeiro trem de cada mecanismo de seleção (trem 1 e trem 4) utilizou-se a funcionalidade de *Dimensionamento Inicial*, na qual foi necessário introduzir:

- o ângulo de hélice, que para todas as engrenagens é nulo, devido ao facto das rodas terem de ser de dentado reto para se poderem movimentar os trens de engrenagens e o engrenamento ser possível;
- a razão de transmissão nominal que se calculou pelas séries de Renard e o respetivo erro admissível;
- o número mínimo e máximo de dentes do pinhão, considerando o número mínimo limite de 17 dentes para que não ocorra interferência de corte quando o ângulo de pressão é de 20°, como é o caso;
- a relação mínima e máxima entre a largura do dente e o módulo. Para todos os trens considerou-se que a largura mínima seria igual a 8 vezes o módulo da engrenagem e a máxima 12 vezes.

Com todos estes dados, o KISSsoft[®] calcula diversas soluções, otimizando pontos diferentes. Assim, cabe ao utilizador seleccionar a solução que mais lhe convier. Para o primeiro trem de cada mecanismo de seleção (trem 1 e trem 4) e uma primeira solução seleccionou-se aquela que apresentava:

- melhor aproximação à razão de transmissão desejada;
- menor número de dentes das rodas;
- correções de dentado simétricas, para equilibrar os escorregamentos específicos;

- módulo nominal das engrenagens normalizado;
- menores perdas de potência, logo potência transmitida aproximada dos $11kW$ e maior rendimento.

Após a obtenção de uma primeira solução para os primeiros trens de cada mecanismo de seleção, calcularam-se os outros (trem 2, trem 3 e trem 5) a partir da funcionalidade *Dimensionamento fino*. Para além dos dados de entrada já mencionados, pretende-se que o entre-eixo em cada mecanismo de seleção, seja constante, tal como o módulo e a soma dos dentes das rodas de cada engrenagem. Por esta razão, introduziu-se no menu de *Dimensionamento fino* o entre-eixo e o módulo obtidos para o primeiro trem do mecanismo de seleção do qual a engrenagem faz parte.

Obteve-se, assim, uma primeira solução para as 5 engrenagens que permitia abranger as 6 velocidades dentro dos limites da tolerância mecânica + elétrica.

As soluções que o KISSsoft® fornece incluem o cálculo da capacidade de carga das rodas dentadas, em relação à tensão de flexão e fadiga no pé do dente, intitulada de Capacidade de Carga do Pé do Dente; e à pressão superficial denominada de Segurança nos Flancos. Para além disso, também é realizado um cálculo da resistência ao micropitting e à raspagem (scuffing). O micropitting é um tipo de avaria muito comum nas engrenagens que resulta da iniciação superficial de fissuras de fadiga. Os micro-pits são micro-escamas que se formam no flanco dos dentes, onde existe rolamento com escorregamento. Estas fissuras propagam-se para o interior do material comprometendo a integridade do mesmo [42]. O scuffing é um tipo de desgaste grave, que produz arranhões nas superfícies em contacto. Nestes locais existe penetração do lubrificante e quebra do seu contorno que criam uma solda na fase sólida. Quando a solda se parte produz uma superfície áspera na peça e o lubrificante é contaminado com partículas abrasivas que aceleram a degradação dos órgãos mecânicos [43].

O cálculo da capacidade de carga do pé do dente e da segurança nos flancos foi realizado segundo o método B da norma ISO 6336:2006, onde se encontra descrito todo o procedimento de cálculo. O cálculo da resistência ao micropitting foi elaborado segundo a norma ISO/TR 15144-1:2014 e o da resistência à raspagem com base na norma ISO/TR 13989:2000. Teve-se o cuidado de confirmar se os fatores de segurança eram suficientes para um bom e eficiente funcionamento do cabeçote, porque algumas soluções não apresentavam bons resultados.

É importante ressaltar que, uma vez que as propriedades do material (nomeadamente a tensão de rotura e a tensão de cedência) diminuem com o aumento das dimensões do material em bruto, se adaptaram as propriedades do material para cada roda, em função do diâmetro do varão em bruto, a ser maquinado.

Ainda que a primeira solução encontrada para a cadeia cinemática cumprisse os requisitos analisados, não cumpria outros funcionais do projeto, não abordados até então. Por isso, teve de se realizar um processo iterativo até se atingir a solução final. As principais razões que levaram à obtenção da solução final estiveram relacionadas com o dimensionamento à flecha dos veios e com os modos de ligação destes às rodas dentadas.

Como já foi mencionado no presente capítulo, o mecanismo será constituído por apenas 3 veios. Para ser mais económico e por razões funcionais definiu-se que o veio intermédio seria totalmente estriado para se poderem acoplar aí os dois mecanismos de seleção. No dimensionamento à flecha, este veio apresentou alguns problemas, sendo ultrapassada a flecha admissível nos pontos de engrenamento em algumas situações. A equação 18 também não era verificada pela solução inicial.

Considerando tudo isto, atingiu-se uma solução de compromisso entre todos os requisitos mencionados que é apresentada nas Tabelas 6, 7, 8 e 9 e representada nas Figuras 55 e 56.

Na Tabela 6 encontram-se as velocidades a que todos os veios rodam para se obter a velocidade de saída pretendida e a tolerância mecânica + elétrica, segundo a norma DIN 804, que deve ser verificada. Efetivamente, conclui-se que as 6 velocidades obtidas com esta solução para a cadeia cinemática, se encontram dentro dos valores esperados. Para ser mais perceptível a distribuição das velocidades pelos 3 veios, apresenta-se na Figura 55 o diagrama de velocidades para a solução final. A Figura 56 ilustra a disposição axial final de toda a cadeia cinemática, à escala.

Na Tabela 7 é feita a caracterização geométrica de todas as rodas que compõem o cabeçote. Verifica-se que as engrenagens dos trens 1, 2 e 3, que compõem o mecanismo de seleção de base, possuem o mesmo módulo, o mesmo entre-eixo e a mesma soma de número de dentes. O mesmo acontece para os trens 4 e 5 do mecanismo de 1ª seleção. Além disso, as rodas do mesmo mecanismo de seleção verificam a diferença mínima de 4 dentes entre si, para garantir que não existe interferência entre elas aquando da mudança de velocidade. Ainda que as rodas detenham um chanfro para facilitar o engrenamento, também se teve em atenção fazer as rodas dos trens móveis mais largas que as suas rodas conjugadas, para garantir que, no engrenamento, existe contacto na largura necessária para transmitir o binário em questão.

Nas Tabelas 8 e 9 são apresentados outros parâmetros importantes para a caracterização das engrenagens. Uma vez que os trens 4 e 5 rodam a 3 velocidades diferentes, dependendo se se encontram em serviço com o trem 1, 2 ou 3, são apresentados os valores da eficiência, das perdas de potência e dos diversos coeficientes de segurança para cada uma das situações. Relativamente aos fatores de segurança são indicados o fator mínimo admissível para o cálculo da capacidade de carga no pé do dente (SF_{min}), para ser comparado com o fator de segurança que as rodas apresentam, o SF ; o fator mínimo admissível para a segurança dos flancos (SH_{min}) para ser comparado com o fator de segurança que as rodas apresentam, o SH_w ; o fator de segurança contra o micropitting e os fatores de segurança que as rodas possuem em relação à resistência à gripagem (SB) e à resistência à raspagem (SS_{int}), comparáveis aos valores mínimos admissíveis para ambos os casos, respetivamente, o SB_{min} e o SS_{min} .

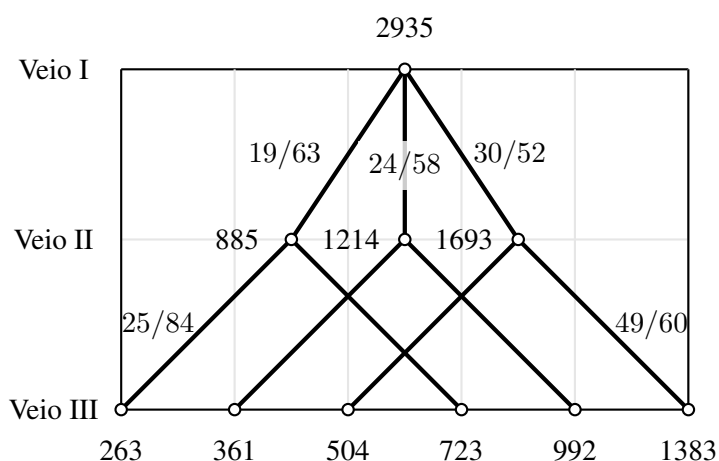


Figura 55: Diagrama de velocidades para a solução final.

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 6: Solução final para as velocidades dos 3 veios e comparação entre a velocidade da árvore com a tolerância mecânica + elétrica.

	Velocidade Veio de Entrada [rpm]	Velocidade Veio Intermédio [rpm]	Velocidade da Árvore [rpm]	Tolerância Mecânica + Elétrica para a velocidade da árvore	
				Mínimo	Máximo
				-2%	+6%
1	2935	885,16	263,44	246	266
2	2935	1214,48	361,45	348	376
3	2935	1693,27	503,95	491	531
4	2935	885,16	722,88	694	750
5	2935	1214,48	991,83	980	1060
6	2935	1693,27	1382,84	1372	1484

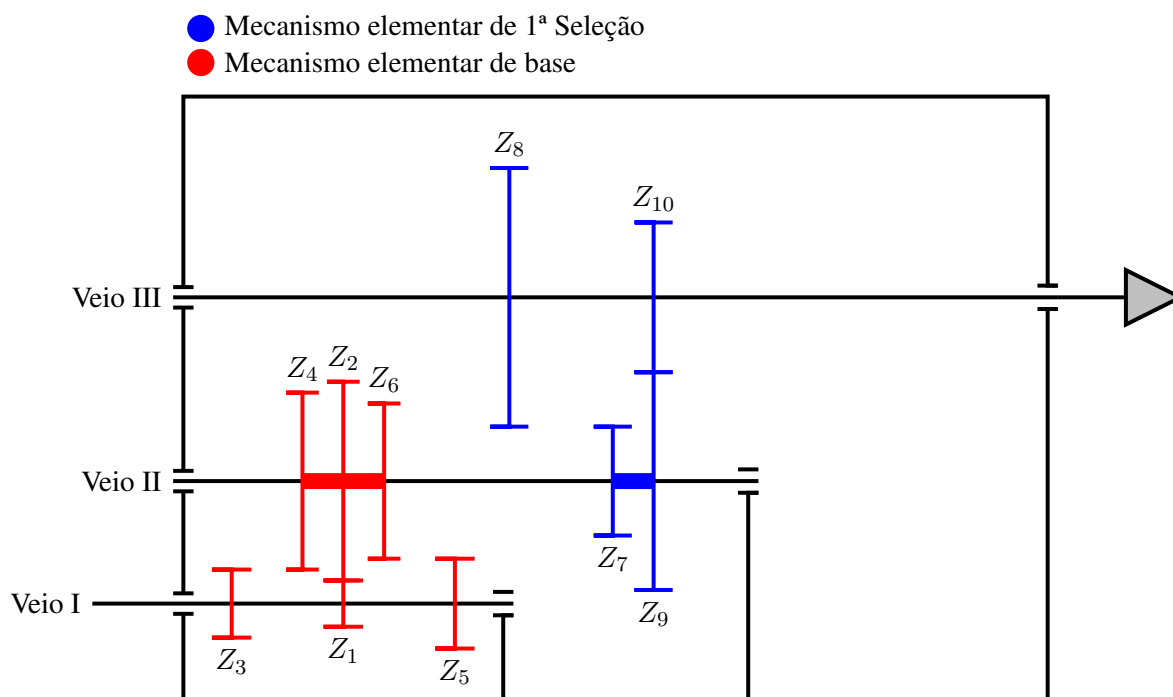


Figura 56: Disposição axial final dos mecanismos de seleção e respectiva cadeia cinemática do cabeçote de 6 velocidades.

Tabela 7: Solução final para a caracterização geométrica das rodas das engrenagens do cabeçote.

Trem	Roda	z	Σz	i	m [mm]	α [°]	b [mm]	a [mm]	x [mm]	ε_a	h [mm]	típ relief [μ m]	da [mm]	df [mm]	dp [mm]	db [mm]
1	1	19	82	3,316	3	20	24,00	123,00	0,3437	1,59	6,75	5	65,06	51,56	57,00	53,56
	2	63				20	26,00		-0,3437		6,75	5	192,94	179,44	189,00	177,60
2	3	24	82	2,417	3	20	24,00	123,00	0,2466	1,65	6,75	4	79,48	65,98	72,00	67,66
	4	58				20	26,00		-0,2466		6,75	4	178,52	165,02	174,00	163,51
3	5	30	82	1,773	3	20	24,00	123,00	0,1497	1,69	6,75	3	96,90	83,40	90,00	84,57
	6	52				20	26,00		-0,1497		6,75	3	161,10	147,60	156,00	146,59
4	7	25	109	3,360	4	20	34,00	218,00	0,2822	1,67	9,00	6	110,26	92,26	100,00	93,97
	8	84				20	32,00		-0,2822		9,00	6	341,74	323,74	336,00	315,74
5	9	49	109	1,224	4	20	34,00	218,00	0,0419	1,77	9,00	4	204,34	186,34	196,00	184,18
	10	60				20	32,00		-0,0419		9,00	4	247,67	229,67	240,00	225,53

Tabela 8: Outros parâmetros relevantes relativos às rodas das engrenagens e fatores de segurança relativos ao cálculo da capacidade de carga e resistência ao desgaste - Parte I.

Trem	Roda	Massa [kg]	Eficiência [%]	Perda de Potência [kW]	k de dentes	Cota entre k dentes [mm]	Capacidade de Carga no Pé do Dente				Segurança dos Flancos				Segurança		Resistência à Raspagem			
							SF _{min}	SF	Pot. Trans. [kW]	SH _{min}	SHw	Pot. Trans. [kW]	SH _{min}	SHw	Contra	Micropitting	SB _{min}	SB	SS _{min}	SS _{int}
1	1	0,502	99,01	0,109	3	23,645	1,40	6,41	50,40	1,00	1,55	26,10	1,00	1,55	5,770		2,000	15,310	1,800	4,044
	2	5,543			7	59,508	1,40	6,56	51,57	1,00	1,61	28,37	1,00	1,61						
2	3	0,781	99,25	0,082	4	32,512	1,40	7,24	56,87	1,00	1,79	34,59	1,00	1,79	7,779		2,000	20,813	1,800	4,128
	4	4,718			6	50,641	1,40	7,52	59,12	1,00	1,84	37,08	1,00	1,84						
3	5	1,199	99,41	0,065	4	32,565	1,40	7,78	61,16	1,00	1,98	42,51	1,00	1,98	10,143		2,000	26,030	1,800	4,166
	6	3,809			6	50,588	1,40	8,23	64,63	1,00	2,02	44,75	1,00	2,02						
4 com	7	2,144	99,32	0,075	4	43,502	1,40	7,32	57,54	1,00	1,88	38,95	1,00	1,88	5,015		2,000	25,570	1,800	4,239
trem 1	8	21,788			9	104,306	1,40	6,62	51,98	1,00	1,96	42,09	1,00	1,96						
4 com	7	2,144	99,36	0,071	4	43,502	1,40	8,64	67,91	1,00	2,03	45,31	1,00	2,03	6,409		2,000	29,951	1,800	4,251
trem 2	8	21,788			9	104,306	1,40	7,81	61,34	1,00	2,11	48,95	1,00	2,11						
4 com	7	2,144	99,40	0,066	4	43,502	1,40	9,98	78,43	1,00	2,17	51,80	1,00	2,17	8,254		2,000	27,774	1,800	4,258
trem 3	8	21,788			9	104,306	1,40	9,02	70,85	1,00	2,26	55,96	1,00	2,26						

Tabela 9: Outros parâmetros relevantes relativos às rodas das engrenagens e fatores de segurança relativos ao cálculo da capacidade de carga e resistência ao desgaste - Parte II.

Trem	Roda	Massa [kg]	Eficiência [%]	Perda de Pot. [kW]	k dentes	Cota entre k dentes [mm]	Cap. de Carga no Pé			Segurança dos Flancos			Segurança		Resistência à		
							do Dente		Pot.	Trans.	SH _{min}	SH _w	Pot.	Micro- piting	SB _{min}	SB	SS _{min}	SS_{int}
5 com	9	7,978	99,65	0,038	6	67,807	1,40	9,43	74,11	1,00	2,60	73,71	10,461	2,000	49,495	1,800	4,319
trem 1	10	11,209			7	80,002	1,40	8,82	69,31	1,00	2,61	75,14					
5 com	9	7,978	99,67	0,036	6	67,807	1,40	10,17	79,91	1,00	2,70	79,73	13,199	2,000	48,479	1,800	4,316
trem 2	10	11,209			7	80,002	1,40	9,51	74,74	1,00	2,72	81,28					
5 com	9	7,978	99,70	0,034	6	67,807	1,40	12,21	95,93	1,00	2,94	94,13	17,049	2,000	51,419	1,800	4,326
trem 3	10	11,209			7	80,002	1,40	11,42	89,73	1,00	2,95	95,95					

4.4 Dimensionamento dos veios

O dimensionamento dos veios foi também realizado através do software KISSsoft® utilizando-se a ferramenta *Cálculo de eixos-árvore*. Mas para se poder utilizar esta ferramenta, como é preciso desenhar o veio e os seus constituintes, foi necessário realizar os seguintes passos, primeiro.

1. Determinar o posicionamento relativo dos veios.

Tal como na solução apresentada por António Carneiro, pretendia-se que o veio de entrada se encontrasse a $160mm$ de distância do solo, de forma a que o veio do cabeçote estivesse nivelado com o do motor elétrico para que os dois equipamentos pudessem assentar na mesma base.

Por outro lado, para garantir a lubrificação de todas as engrenagens é boa prática que, pelo menos uma das rodas da engrenagem mergulhada no lubrificante, tenha, inserida no óleo, a altura equivalente a 3 dentes. Este requisito é limitado pela roda 7 do trem 4 que implica que o nível de óleo se encontre a $115mm$ da base do cabeçote.

Outra boa prática é assegurar que todas as rodas se encontrem a pelo menos 3 dentes do fundo do cárter, para que as partículas sólidas se possam depositar no fundo e não sejam arrastadas para o engrenamento durante o serviço. Este requisito é limitado pela roda 9 do trem 5, logo deve ser garantida a distância mínima de $3 \times 2,25 \times 4 = 27mm$.

Como último requisito de posicionamento, definiu-se que a árvore, veio de saída, devia ter o seu centro a meio da largura do cabeçote, de forma a diminuir as dimensões do mesmo.

Para cumprir os 4 requisitos supramencionados, as linhas que unem os centros dos veios tinham de fazer um determinado ângulo com a horizontal. Assim, o ângulo que a linha que une os centros do veio de entrada, (veio I) e do veio intermédio, (veio II) faz com a horizontal é $4,41^\circ$ e o que a linha que une os centros do veio intermédio, (veio II) e da árvore do cabeçote, (veio III) é $99,095^\circ$. Esta solução é descrita na Figura 57. Para a definição do ângulo de posicionamento no *Cálculo de eixos-árvore* do KISSsoft® é necessário ter em atenção a Figura 58, retirada do próprio KISSsoft®. O ângulo, α da figura, varia com o veio que se estiver a analisar. Se se estiver a definir o veio de entrada, o ângulo de posicionamento da engrenagem é $4,41^\circ$; se for definido o veio intermédio, para a engrenagem em questão, o ângulo de posicionamento será $184,41^\circ$ (ângulo v da Figura 57) que define o posicionamento do veio I em relação ao II, sendo agora o veio II, o da Figura 58 cujo centro coincide com o do referencial.

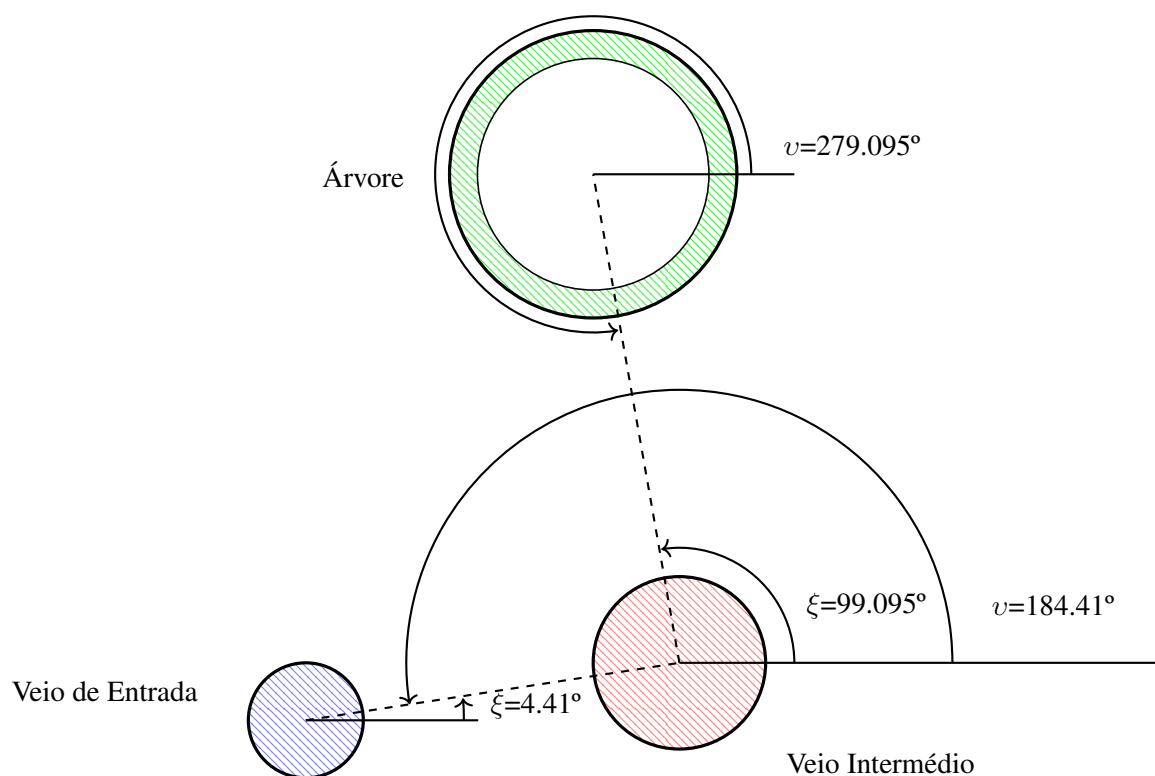


Figura 57: Ângulos de posicionamento dos 3 veios necessários para o dimensionamento dos veios no KISSsoft®.

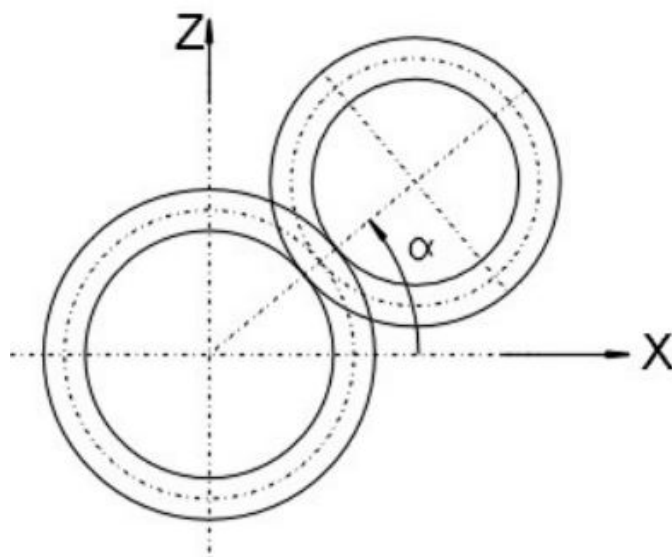


Figura 58: Definição do posicionamento relativo dos veios segundo o KISSsoft®.

2. Definir a posição axial das rodas nos veios.

A Figura 56, já apresentada, ilustra a disposição axial final de todas as rodas dentadas do cabeçote, obtida através de um processo iterativo.

Primeiramente, estabeleceu-se que, as rodas junto das extremidades dos veios se deviam encontrar à distância, próxima de $30mm$, do centro dos rolamentos. De seguida, determinou-se uma distância entre rodas móveis do mesmo mecanismo de seleção de $6mm$. Por um lado era necessária uma distância superior para as rodas poderem ser talhadas numa peça única e, por outro, após a realização dos primeiros cálculos da flecha do veio estriado, o intermédio, foi preciso diminuir ao máximo o comprimento deste, pelo que se optou por talhar as rodas em peças distintas e separá-las, apenas, por $4mm$.

Calculou-se a distância suficiente entre as rodas fixas dos mecanismos de seleção, para que, uma engrenagem só pudesse engrenar, quando a anterior tivesse as suas rodas totalmente desengrenadas.

Por fim, considerou-se um afastamento de $10mm$ entre os mecanismos de seleção e dispuseram-se as rodas, de forma a obter o menor comprimento necessário para todos os veios.

3. Selecionar o material dos veios.

Utilizou-se o mesmo material para os veios que António Carneiro havia escolhido, o F10 da RAMADA Aços®, DIN Ck45, para o veio intermédio e para a árvore do cabeçote, cuja ficha técnica se encontra no Anexo H. No entanto, para o veio de entrada, como a roda Z1 não possuía dimensões suficientes para ser talhada numa peça independente do veio, teria de ser talhada no próprio veio e, por isso, o material teve necessariamente de ser o mesmo da roda, o RPM32 da RAMADA Aços®, cuja ficha técnica se encontra no Anexo E.

4. Diâmetro inicial dos veios.

Para se ter uma ideia do diâmetro mínimo de cada veio realizou-se um cálculo grosseiro do mesmo que permitia transmitir a potência de $11kW$ a uma determinada velocidade de rotação, através da equação 20 onde se considera 90% do diâmetro obtido segundo o critério de rigidez para veios longos.

$$d_v[mm] = 0,9 \times 129,6 \times \sqrt[4]{\frac{P [kW]}{n [rpm]}} \quad (20)$$

Tendo todos estes dados definidos desenharam-se os veios no KISSsoft® com as primeiras dimensões calculadas, de forma grosseira, pretendendo-se obter o dimensionamento à flexão e verificar a fadiga dos mesmos. Para além das dimensões do veio foi necessário introduzir os seguintes dados para que o cálculo fosse totalmente realizado de uma vez:

- propriedades mecânicas do material do veio para o diâmetro bruto pois, estas estão predefinidas no programa para um diâmetro em bruto de $16mm$. No entanto, o diâmetro em bruto dos veios será bastante superior a este valor e uma vez que as propriedades mecânicas do material diminuem com o aumento do diâmetro, é conservador e prudente realizarem-se os cálculos considerando os valores mais próximos dos reais visto que, também as tensões admissíveis para a fadiga diminuem, como consequência;
- velocidade e sentido de rotação do veio. Nas imagens (a) e (b) da Figura 59 são apresentados os sentidos de rotação de todos os veios. O sentido de rotação do veio de entrada é definido, quando observado pelo lado esquerdo da Figura 60;

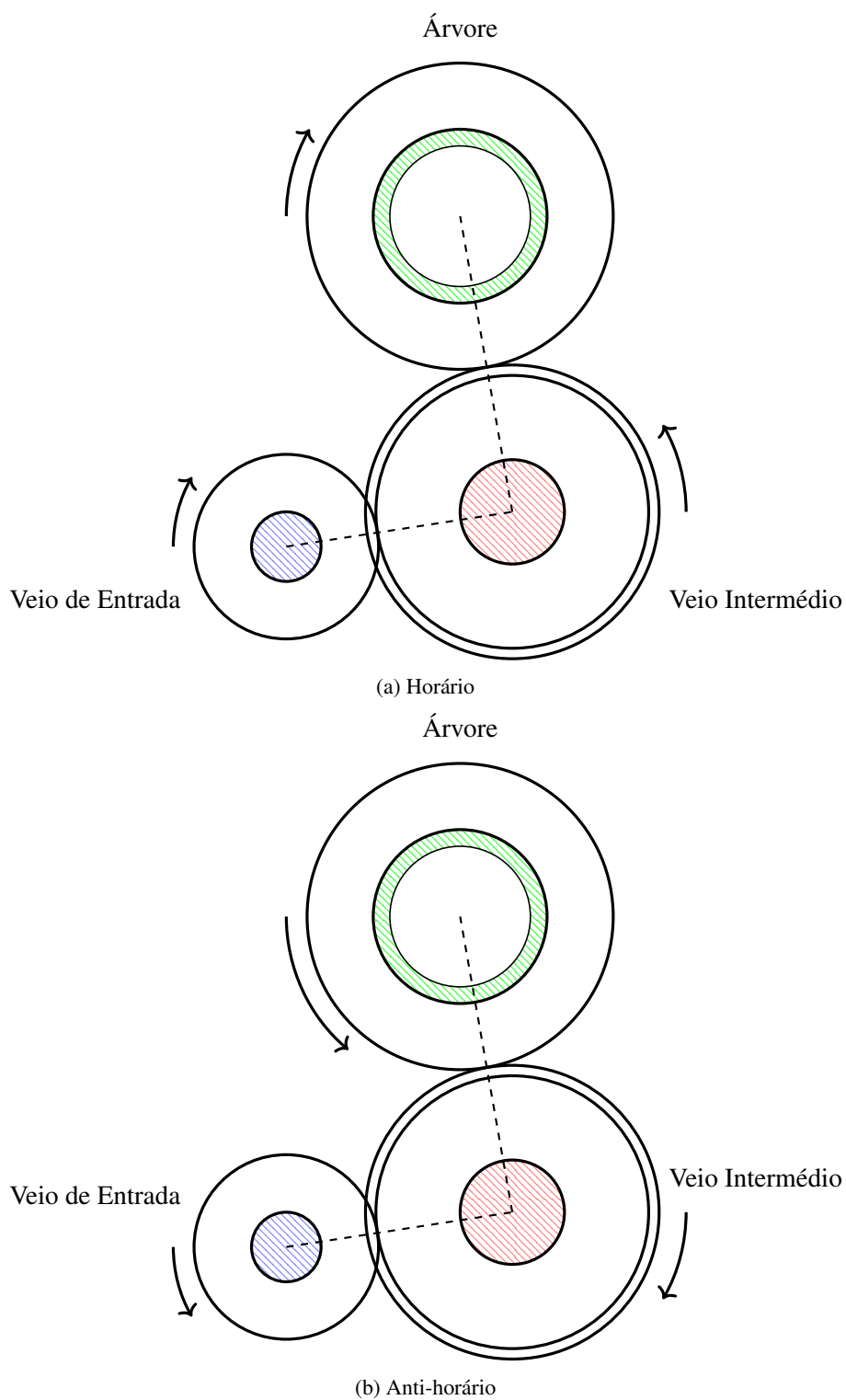


Figura 59: Sentido de rotação dos 3 veios quando o veio de entrada roda em sentido:

- lubrificante utilizado e temperatura de serviço;
- considerar o peso dos componentes nos cálculos;

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

- norma e método a utilizar para o cálculo da resistência do veio. Realizaram-se os cálculos segundo a norma DIN 743:2012 através do método da resistência à fadiga para vida infinita, definindo-se a vida útil requerida de 20000 horas;
- coeficientes de segurança mínimos para o cálculo estático e para o da resistência à fadiga para vida infinita;
- caso de esforço para o cálculo da resistência à fadiga, segundo a norma DIN 743. Escolheu-se o caso 2, no qual se considera que existe uma relação de tensão constante, em detrimento do caso 1 cuja tensão média é constante durante o carregamento.
- tipo de rolamento escolhido para cada veio e sua localização;
- engrenagens em serviço e outras forças atuantes;
- secções transversais onde se pretendia realizar a verificação à fadiga.

Após a introdução de todos estes dados para a solução final, os três veios simulados no KISSsoft® possuíam o aspeto das Figuras 60, 61 e 62, para qualquer uma das combinações de velocidade e sentido, a menos da localização das engrenagens no veio 2, que dependendo da velocidade pretendida se encontram em locais diferentes.

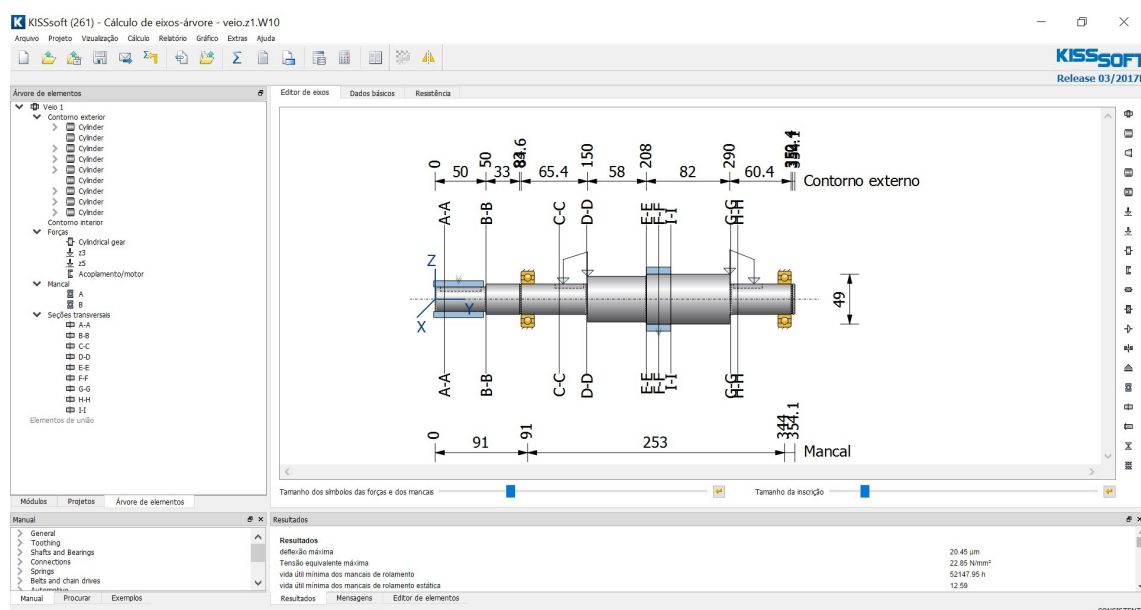


Figura 60: Dimensionamento do veio de entrada através do *Cálculo de eixos-árvore* do KISSsoft®.

Nas próximas subsecções são apresentados os resultados obtidos para todos os veios relativamente ao dimensionamento à flecha e à verificação à fadiga. Apenas o veio intermédio é estudado com mais detalhe, para que se possa explorar o procedimento de cálculo realizado pelo KISSsoft®. Por esta razão, encontram-se em anexo os relatórios produzidos pelo KISSsoft® para todos os casos de serviço do veio intermédio (Anexo Q).

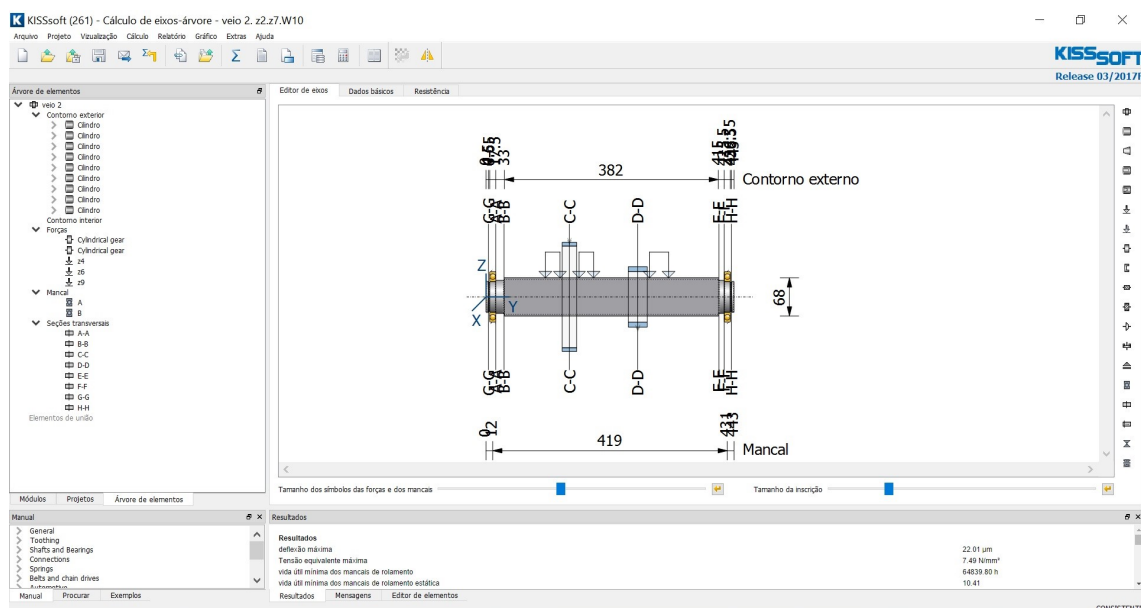


Figura 61: Dimensionamento do veio intermédio através do *Cálculo de eixos-árvore* do KISSsoft®.

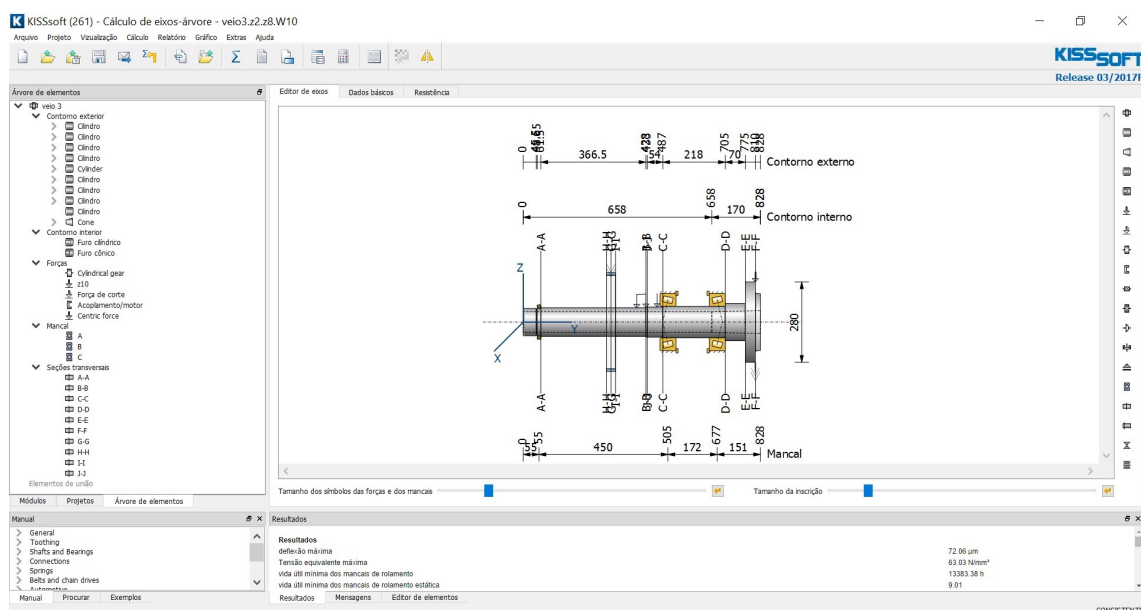


Figura 62: Dimensionamento da árvore através do *Cálculo de eixos-árvore* do KISSsoft®.

4.4.1 Seleção dos rolamentos

A seleção dos rolamentos é também um processo iterativo por depender diretamente das dimensões dos veios.

O KISSsoft® possui uma ferramenta direcionada apenas para a escolha de rolamentos, mas o módulo *Cálculo de eixos-árvore* permite escolher os rolamentos que se pretendem utilizar e definir a sua localização sem necessitar de utilizar o módulo de dimensionamento de rolamentos. Quando é realizado o dimensionamento dos veios, o programa calcula também as reações nos

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

apoios, verifica se a carga mínima é atingida para os rolamentos, se a vida útil requerida é atingida, calcula o fator de segurança estático, a carga dinâmica equivalente, a carga estática e as perdas de potência, entre outros parâmetros.

Nas Tabelas 10, 11 e 12 são apresentados os resultados para os rolamentos utilizados na solução final, obtidos segundo o método de cálculo da SKF. No Anexo I encontram-se as fichas técnicas dos rolamentos selecionados: para o veio de entrada, SKF 6006, para o veio intermédio, SKF 16011 e para a árvore, SKF 61819 e SKF 32222 J2.

Para o caso em que se encontram, simultaneamente, engrenados os trens 2 e 5 não são apresentados resultados para o rolamento rígido de esferas da árvore do cabeçote porque, considerando o veio hiperestático, o KISSsoft® não convergia para nenhuma solução. Considerando apenas no cálculo os dois rolamentos de rolos cônicos o programa convergiu para uma solução, pelo que se pressupõe que o programa não obtinha uma solução para os três rolamentos por não conseguir atribuir qualquer carga ao rolamento rígido de esferas nem definir a função em serviço daquele componente.

Como se pode verificar pelos resultados obtidos, os rolamentos cônicos, em alguns casos, não atingem a vida requerida de 20000 horas e as perdas de potência nos rolamentos cônicos são muito elevadas, sendo que o ideal seria que as perdas totais fossem inferiores a 5% da potência transmitida. Contudo, para se obter uma solução de compromisso para os 12 casos de serviço, relaxaram-se estes dois requisitos.

Outro aspeto relevante sobre os rolamentos reside no facto destes necessitarem de funcionar com uma carga mínima aplicada. O valor dessa carga varia de caso para caso e para os rolamentos rígidos de esferas de uma carreira, o manual da SKF®, indica que esta deve ser calculada pela equação 21. Por sua vez, o KISSsoft® indica que este valor deve ser superior a 1% da capacidade de carga dinâmica do rolamento. Para os rolamentos de rolos cônicos de uma carreira, as duas fontes indicam que a carga mínima aplicada deve ser superior a 2% da capacidade de carga dinâmica do rolamento [46].

$$F_{rm} = k_r \left(\frac{\nu_n}{1000} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{d_m}{100} \right)^2 \quad (21)$$

Tomando atenção aos valores da carga dinâmica equivalente dos rolamentos utilizados constatou-se que, o rolamento rígido de esferas da árvore do cabeçote, em muitos casos, não atingia a carga mínima necessária. Como não era possível diminuir mais o diâmetro do veio naquela zona, para se poder escolher um rolamento com menor capacidade de carga, manteve-se a solução apresentada com a consciência de que este rolamento poderá sofrer maior desgaste. O desgaste ocorre devido ao facto dos corpos rolantes escorregarem sobre os anéis, pela ausência de carga mínima. Tendo isto em consideração, seria prudente monitorizar, periodicamente, este rolamento e efetuar a sua manutenção para prevenir a ocorrência de problemas mais graves.

Relativamente aos rolamentos de rolos cônicos seria ainda mais grave estes não atingirem a carga mínima aplicada, porque não funcionariam. Assim sendo, considerou-se uma pré-carga aplicada axialmente no rolamento A de 8,9kN. O valor da pré-carga a aplicar foi obtido por tentativa-erro através do programa KISSsoft® para que, em todas as situações de serviço da árvore, a carga mínima dos rolamentos de rolos cônicos fosse atingida. De facto, as perdas de potência nestes rolamentos são maiores para os casos com menor carga aplicada, o que significa que apesar de funcionarem, os rolamentos não se encontram otimizados.

Tabela 10: Resultados da seleção dos rolamentos do veio de entrada.

SKF 6006			30/55x13				
Engrenamento	Sentido	Rolamento	P [kN]	C [kN]	Vida [h]	s ₀	Perdas [W]
Trem 1	Horário	A	0,63	13,8	59169	13,14	7,597
		B	0,66	13,8	52147	12,59	7,822
	Anti-Horário	A	0,68	13,8	47541	12,21	7,992
		B	0,71	13,8	42566	11,77	8,202
Trem 2	Horário	A	0,84	13,8	25399	9,91	9,285
		B	0,17	13,8	>1000000	47,98	3,391
	Anti-Horário	A	0,89	13,8	21410	9,36	9,684
		B	0,22	13,8	>1000000	37,40	3,923
Trem 3	Horário	A	0,12	13,8	>1000000	71,36	2,978
		B	0,68	13,8	46888	12,16	8,018
	Anti-Horário	A	0,17	13,8	>1000000	49,74	3,321
		B	0,73	13,8	38309	11,36	8,409

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 11: Resultados da seleção dos rolamentos do veio intermédio.

SKF 16011		55/90x11					
Engrenamento	Sentido	Rolamento	P [kN]	C [kN]	Vida [h]	s ₀	Perdas [W]
Trem 1 e Trem 4	Horário	A	0,64	20,3	599182	21,85	3,522
		B	1,34	20,3	64839	10,41	5,915
	Anti-Horário	A	1,77	20,3	28517	7,92	7,344
		B	1,92	20,3	22390	7,31	7,854
Trem 1 e Trem 5	Horário	A	0,63	20,3	628087	22,20	3,487
		B	0,92	20,3	205409	15,30	4,474
	Anti-Horário	A	1,15	20,3	104874	12,22	5,248
		B	1,51	20,3	46112	9,30	6,458
Trem 2 e Trem 4	Horário	A	0,51	20,3	871944	27,52	4,845
		B	1,11	20,3	83330	12,58	8,070
	Anti-Horário	A	1,58	20,3	29163	8,87	10,423
		B	1,27	20,3	55713	11,00	8,879
Trem 2 e Trem 5	Horário	A	0,66	20,3	392869	21,10	5,719
		B	0,80	20,3	223621	17,48	6,456
	Anti-Horário	A	1,15	20,3	75226	12,16	8,266
		B	0,97	20,3	126394	14,46	7,331
Trem 3 e Trem 4	Horário	A	0,33	20,3	>1000000	42,14	6,080
		B	0,61	20,3	357661	22,84	8,760
	Anti-Horário	A	0,91	20,3	109765	15,41	11,247
		B	1,23	20,3	44318	11,39	13,790
Trem 3 e Trem 5	Horário	A	0,20	20,3	>1000000	68,74	4,598
		B	0,40	20,3	>1000000	35,22	6,752
	Anti-Horário	A	0,59	20,3	406956	23,85	8,531
		B	1,04	20,3	73617	13,49	12,285

Tabela 12: Resultados da seleção dos rolamentos da árvore do cabeçote.

Engrenamento	Sentido	Rolamento	P [kN]	C [kN]	Vida [h]	s0	Perdas [W]
Trem 1 e Trem 4	Horário	SKF 61819 95/120x13	A 0,62	19,9	>1000000	28,21	1,285
		SKF 32222 J2 110/200x56	B 23,75	402	787506	24,00	141,917
			C 80,20	402	13634	9,08	282,232
	Anti-Horário	SKF 61819 95/120x13	A 0,52	19,9	>1000000	33,88	1,134
		SKF 32222 J2 110/200x56	B 24,35	402	725028	23,41	143,506
			C 80,94	402	13226	8,97	283,603
Trem 1 e Trem 5	Horário	SKF 61819 95/120x13	A 0	19,9	>1000000	9999	2,877
		SKF 32222 J2 110/200x56	B 8,81	402	>1000000	64,70	390,443
			C 22,50	402	343792	25,33	538,311
	Anti-Horário	SKF 61819 95/120x13	A 0,07	19,9	>1000000	242,07	2,877
		SKF 32222 J2 110/200x56	B 8,36	402	>1000000	68,17	384,045
			C 22,94	402	322154	24,84	536,188
Trem 2 e Trem 4	Horário	SKF 61819 95/120x13	A 0,37	19,9	>1000000	47,98	1,445
		SKF 32222 J2 110/200x56	B 17,34	402	>1000000	32,88	178,714
			C 55,03	402	34882	12,57	294,897
	Anti-Horário	SKF 61819 95/120x13	A 0,33	19,9	>1000000	53,08	1,360
		SKF 32222 J2 110/200x56	B 17,52	402	>1000000	32,53	179,385
			C 55,49	402	33917	12,32	295,587
Trem 2 e Trem 5	Horário	SKF 61819 95/120x13	A	19,9			
		SKF 32222 J2 110/200x56	B 8,84	402	>1000000	86,08	660,988
			C 16,40	402	719462	34,76	748,500
	Anti-Horário	SKF 61819 95/120x13	A	19,9			
		SKF 32222 J2 110/200x56	B 8,24	402	>1000000	90,99	664,483
			C 16,62	402	687715	34,30	751,721
Trem 3 e Trem 4	Horário	SKF 61819 95/120x13	A 0,17	19,9	>1000000	101,75	1,673
		SKF 32222 J2 110/200x56	B 12,49	402	>1000000	45,63	256,146
			C 35,92	402	103730	17,60	384,675
	Anti-Horário	SKF 61819 95/120x13	A 0,19	19,9	>1000000	92,22	1,673
		SKF 32222 J2 110/200x56	B 12,32	402	>1000000	46,26	255,020
			C 36,14	402	101581	17,18	384,712
Trem 3 e Trem 5	Horário	SKF 61819 95/120x13	A 0	19,9	>1000000	9999	7,336
		SKF 32222 J2 110/200x56	B 9,68	402	>1000000	82,86	1126,583
			C 11,80	402	>1000000	48,32	1063,336
	Anti-Horário	SKF 61819 95/120x13	A 0	19,9	>1000000	9999	7,336
		SKF 32222 J2 110/200x56	B 9,34	402	>1000000	89,08	1130,669
			C 11,92	402	>1000000	47,81	1066,877

4.4.2 Seleção dos elementos de ligação aos veios

As rodas dentadas que fazem parte do veio de entrada, à exceção da roda Z1, que teria de ser talhada no próprio veio, encontram-se ligadas a este por intermédio de chavetas. Também a ligação ao acoplamento será feita através de uma chaveta na ponta de veio normalizada do veio de entrada.

O dimensionamento das chavetas passa pelo cálculo do comprimento mínimo da chaveta, necessário para que a chaveta resista ao corte e ao esmagamento com um determinado coeficiente de segurança. Tendo-se definido como material das chavetas o aço DIN Ck 45 K, C3 da RAMADA Aços[®], cujas características são apresentadas na Tabela 13, e um coeficiente de segurança de 2,5 para o cálculo das tensões admissíveis, através das equações 22 e 23 foi possível obter os seus comprimentos mínimos. A tensão de cedência ao corte foi obtida considerando-se o critério de von Mises: $\tau_{ced} = \sigma_{ced}/\sqrt{3}$.

$$l_{corte} = \frac{2 \cdot M_t}{d \cdot b \cdot \tau_{adm}} \quad \text{corte} \quad (22)$$

$$l_{esmagamento} = \frac{2 \cdot M_t}{d \cdot (h - t_1) \cdot \sigma_{adm}} \quad \text{esmagamento} \quad (23)$$

Onde: b é a largura da chaveta;
h é a altura da chaveta;
 t_1 é a profundidade do escatel do veio.

Tabela 13: Caracterização do aço C3 (DIN Ck 45 K).

Composição Química	Dureza	R_m	$R_{p0.2}$	Estado de
C	(HB max)	(kg mm ⁻²)	(kg mm ⁻²)	Fornecimento
≤ 0.5	-	≥ 60	≥ 30	Calibrado

A Tabela 14 resume o dimensionamento das chavetas utilizadas.

Tabela 14: Resultados do dimensionamento das chavetas.

Chaveta	d	M_t	b	h	t_1	l_{corte}	$l_{esmagamento}$	$l_{normalizado}$ escolhido
	[mm]	[Nm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Acoplamento	24	35,702	8	7	4	5,4	8,3	40
Roda Z3	30	35,702	8	7	4	4,3	6,6	28
Roda Z5	30	35,702	8	7	4	4,3	6,6	28

Por sua vez, as rodas dentadas que fazem parte do veio intermédio, têm de se deslocar axialmente sobre o mesmo. Por isso, optou-se por utilizar uma ligação estriada de dentado reto, uma

vez que este é o tipo de ligação com melhor desempenho para deslocamentos axiais. Relativamente a este tipo de ligação o dimensionamento é feito, principalmente, à resistência à compressão-esmagamento do material do veio e do cubo. Para concluir se a série escolhida era suficiente para verificar a resistência ao esmagamento calculou-se a tensão de esmagamento, através da equação 24 que, posteriormente, foi comparada com a tensão de esmagamento admissível, cujo valor foi retirado da Tabela 15, retirada da referência [47].

$$\sigma_d = \frac{2 \cdot M_t \cdot K_t}{\left(\frac{D+d}{2}\right) \cdot z \cdot h \cdot L} < \sigma_{d_{adm}} \quad (24)$$

Onde: σ_d é a tensão de esmagamento, $[N/m^2]$;
 D é o diâmetro exterior do veio estriado, $[m]$;
 d é o diâmetro interior do veio estriado, $[m]$;
 M_t é o momento torsor, $[Nm]$;
 L é o comprimento útil da estria, $[m]$;
 h é a altura útil de contacto das estrias, $[m]$;
 z é o número de estrias, [adimensional];
 K_t é o fator de irregularidade de carga entre estrias, [adimensional];
 $\sigma_{d_{adm}}$ é a tensão de esmagamento admissível, $[MPa]$.

Tabela 15: Valores da tensão de esmagamento admissível para veios estriados, para diferentes condições de funcionamento [47].

Tipo de ligação	$\sigma_{d_{adm}}$ (MPa) <350 HB	$\sigma_{d_{adm}}$ (MPa) <40 HRC
Fixa	60-100	100-140
Deslizante sem carga (pinhão de caixa de velocidade)	20-30	30-60
Deslizante com carga (ligação eixo transmissão)	-	5-15

Como momento torsor aplicou-se o pior dos casos, isto é, o maior momento torsor a que o veio estará sujeito, quando o trem 1 estiver engrenado.

Na Tabela 15, de forma conservadora, conclui-se que para um tipo de ligação deslizante sem carga, e tendo o material do veio uma dureza inferior a 350HB, a tensão de esmagamento admissível deverá ser de $20MPa$.

Os valores das restantes variáveis encontram-se na Tabela 16, bem como o valor da tensão de esmagamento calculada, concluindo-se que o valor obtido é muito inferior ao admissível, pelo que a resistência ao esmagamento é assegurada.

Relativamente às rodas do veio de saída, estas tiveram de ser ligadas ao veio por outro método, isto é, através de *Powerlocks*, já que possuem dimensões capazes de as alojar. Foi necessário proceder-se desta forma, devido ao facto da espessura da árvore ser insuficiente para alojar uma chaveta.

As *Powerlocks* a utilizar foram seleccionadas pela capacidade de transmissão de binário, isto é, teriam de transmitir o binário máximo de $398,76Nm$. Para isso, seleccionou-se a *Powerlock* PL3-15/16 AS da TSUBAKI®, para as duas rodas Z8 e Z10, cuja ficha técnica se encontra no

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinaria e ciclo de vida

Anexo J.

Tabela 16: Valores das variáveis utilizadas para o cálculo da tensão de esmagamento e resultado obtido.

D	$68 \times 10^{-3}m$
d	$62 \times 10^{-3}m$
M_t	$118,68Nm$
L	$338 \times 10^{-3}m$
h	$0,75 \times \frac{68 \times 10^{-3} - 62 \times 10^{-3}}{2} = 0,00225m$
z	8
K_t	1,5
σ_d	$0,900MPa$

4.4.3 Dimensionamento à flecha

Um ponto de otimização relativamente ao projeto fornecido recaiu sobre o dimensionamento à flecha do veio, uma vez que, para uma máquina-ferramenta só devem ser admissíveis flechas inferiores a 1% do módulo das engrenagens, nos pontos de engrenamento. Avaliou-se a flecha, apenas nos pontos de engrenamento, pelo facto das engrenagens serem os órgãos que mais sofrem com a flexão do veio, devido ao facto do engrenamento deixar de se dar da forma ideal. Isto pode trazer graves problemas à máquina tais como desgaste excessivo e irregular das engrenagens (que poderá aumentar o desgaste de outros componentes devido às partículas sólidas libertadas das engrenagens), colisão entre componentes e aumento da vibração de todo o equipamento que provocará a perda de precisão no corte. António Carneiro dimensionou o seu projeto para flechas admissíveis até 5% do módulo das engrenagens, por indicação do Prof. Luís Andrade Ferreira, para que fosse mais rápida a obtenção de uma solução admissível, tendo em conta que o trabalho realizado era de tempo limitado pelo facto de fazer parte de uma unidade curricular.

Uma vez que se pretendia projetar o cabeçote para poder rodar nos dois sentidos, horário e anti-horário, a 6 velocidades diferentes, realizou-se o cálculo para todas as combinações possíveis de velocidade e sentido de rotação.

Para isso analisaram-se 6 casos diferentes para o veio de entrada, isto é, dois sentidos de rotação para cada uma das 3 engrenagens que o constituem.

Para o veio intermédio e para a árvore foram analisados 12 casos distintos para cada um. Efetivamente, há 6 combinações de engrenamentos no veio intermédio nos dois sentidos de rotação e a árvore pode rodar a 6 velocidades diferentes, nos dois sentidos.

A árvore é um veio hiperestático, por ser composto por 3 apoios e para além do carregamento devido aos engrenamentos ainda possui um carregamento por causa das forças de corte consideradas aplicadas no seu nariz. Assim, o cálculo é mais exigente e é mais complicado encontrar uma solução que responda, positivamente, a todos os requisitos.

A força de corte pode ser dividida em duas componentes, como foi visto na secção 2.3 Maquina-

gem: a força de corte tangencial, F_c e a força axial de corte, F_t . A força de corte tangencial é obtida apenas pela divisão do momento torsor, à saída da árvore, pelo raio médio de corte da peça em questão, traduzida pela equação 25. Por sua vez, a força axial de corte obtém-se pela conjugação das equações 10 e 9. Definiu-se que o ângulo do plano de corte a utilizar seria $22,5^\circ$, tipicamente utilizado em maquinagem e considerou-se um raio médio de corte de $10mm$. Assim, na Tabela 17 são apresentados os valores das forças a serem introduzidas no KISSsoft®, e o momento torsor a elas associado. Para cada velocidade de saída diferente aplicaram-se as forças associadas, a uma distância de $10mm$ do eixo do veio.

$$F_c = \frac{M_t}{r_c} \quad (25)$$

Tabela 17: Forças de corte obtidas para cada uma das 6 velocidades de saída.

Engrenamento	Velocidade da Árvore [rpm]	Momento Torsor [Nm]	F_c [N]	F_t [N]
Trem 1 e Trem 4	263,44	398,733	39873,3	39873,3
Trem 2 e Trem 4	361,45	290,611	2961,1	2961,1
Trem 3 e Trem 4	503,95	208,438	20843,8	20843,8
Trem 1 e Trem 5	722,88	145,311	14531,1	14531,1
Trem 2 e Trem 5	991,83	105,908	10590,8	10590,8
Trem 3 e Trem 5	1382,84	75,961	7596,1	7596,1

O dimensionamento à flecha implica o conhecimento dos esforços aplicados no veio, logo há necessidade de saber as forças no engrenamento, as reações nos apoios e outras forças atuantes. As forças nos engrenamentos são lidas diretamente pelo programa ao serem inseridas as engrenagens no veio. Já as reações nos apoios são resultados que o programa calcula, inicialmente, e utiliza, posteriormente, para o cálculo da flecha.

Por serem um bom auxílio para a compreensão e obtenção das equações de equilíbrio de um sistema, nas Figuras 63, 64 e 65 são apresentados os diagramas de corpo livre das situações críticas de cada veio pois, são estas que definem o diâmetro que o veio deverá ter para verificar a rigidez necessária. Note-se que o peso das outras engrenagens presentes nos veios foi considerado para os cálculos, mas não se encontra inserido nos diagramas. Houve, ainda, a necessidade de inserir uma força axial na árvore do cabeçote que também não foi representada no diagrama. Esta é a pré-carga necessária para os rolamentos de rolos cônicos funcionarem, em qualquer um dos casos estudados, com a carga mínima aplicada.

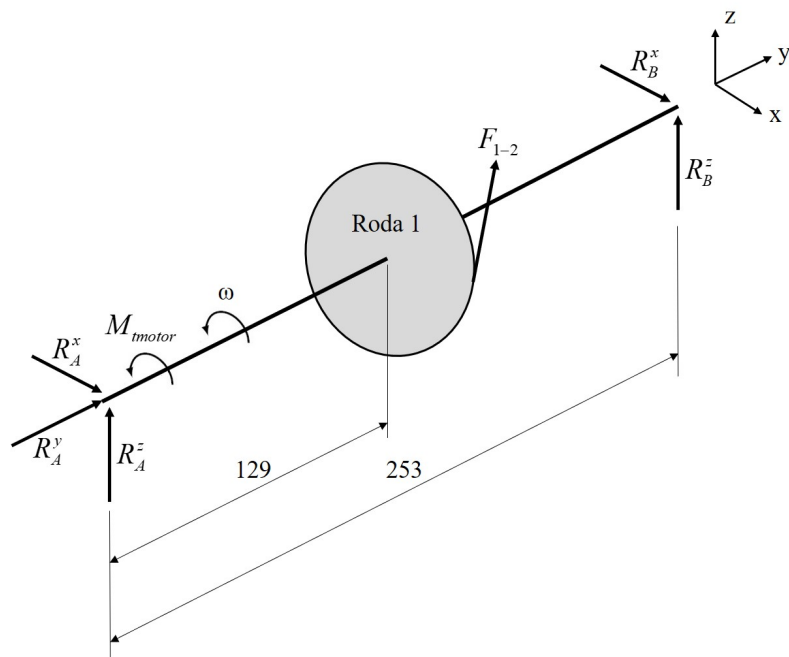


Figura 63: Diagrama de corpo livre do veio de entrada na sua situação crítica, isto é, engrenamento do Trem 1 com o veio a rodar no sentido anti-horário.

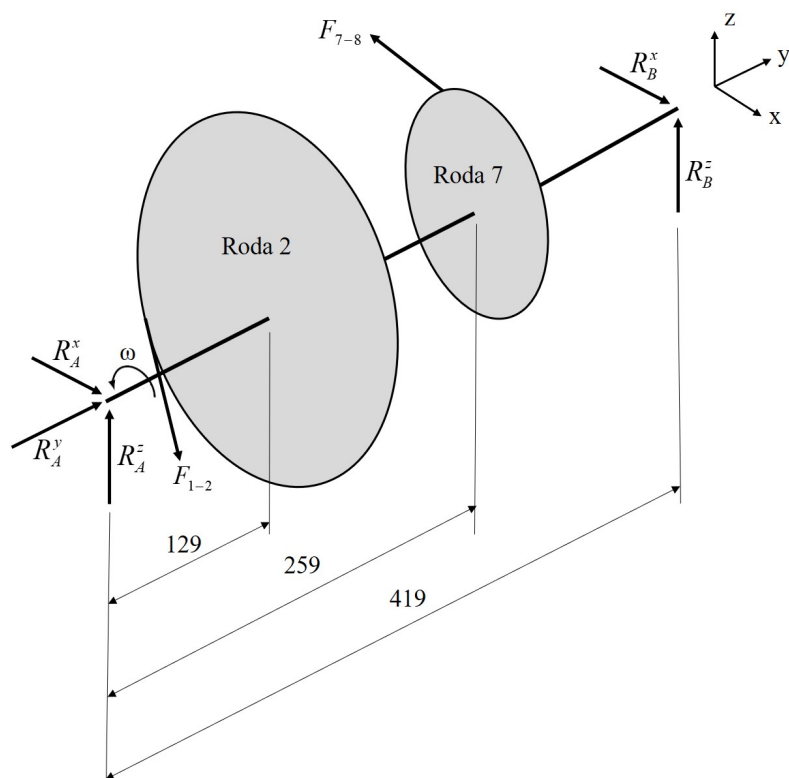


Figura 64: Diagrama de corpo livre do veio intermédio na sua situação crítica, isto é, engrenamentos do Trem 1 e do Trem 4, com o veio a rodar no sentido anti-horário.

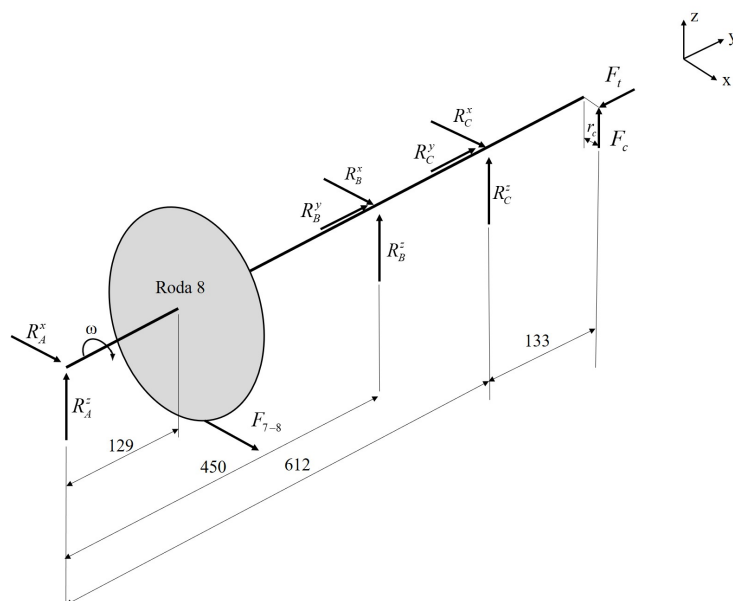


Figura 65: Diagrama de corpo livre da árvore do cabeçote na sua situação crítica, isto é, engrenamento do Trem 4 quando o Trem 1 se encontra engrenado, com a árvore a rodar no sentido horário.

Nas Tabelas 18, 19 e 20 encontram-se os resultados do dimensionamento à flecha para a solução final, sendo apresentados os valores da resultante das forças dos engrenamentos aplicadas no veio, da resultante das reações nos apoios e da flecha combinada nos pontos de engrenamento para os 3 veios.

Tabela 18: Resultados do dimensionamento à flecha do veio de entrada.

Engrenamento	Roda	Sentido	F_r [N]	F_a [N]	R_A [N]	R_B [N]	δ [μm]	δ_{adm} [μm]
Trem 1	1	Horário	1336,4	0	632	659	20,4	30
Trem 1	1	Anti-horário	1336,4	0	680	705	21,0	30
Trem 2	3	Horário	1058	0	838	173	13,8	30
Trem 2	3	Anti-horário	1058	0	887	222	14,3	30
Trem 3	5	Horário	846,4	0	116	683	10,9	30
Trem 3	5	Anti-horário	846,4	0	167	730	11,4	30

Na Figura 66 são apresentados os gráficos obtidos pelo KISSsoft® para o deslocamento segundo os 3 eixos e para o deslocamento combinado segundo x e z, para todos os casos do veio intermédio. A linha verde corresponde ao deslocamentos axial segundo o eixo y, a laranja ao deslocamento transversal segundo o eixo z, a vermelha ao deslocamento transversal segundo o eixo x e a preta ao deslocamento combinado, ou flecha combinada segundo os eixos x-z.

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

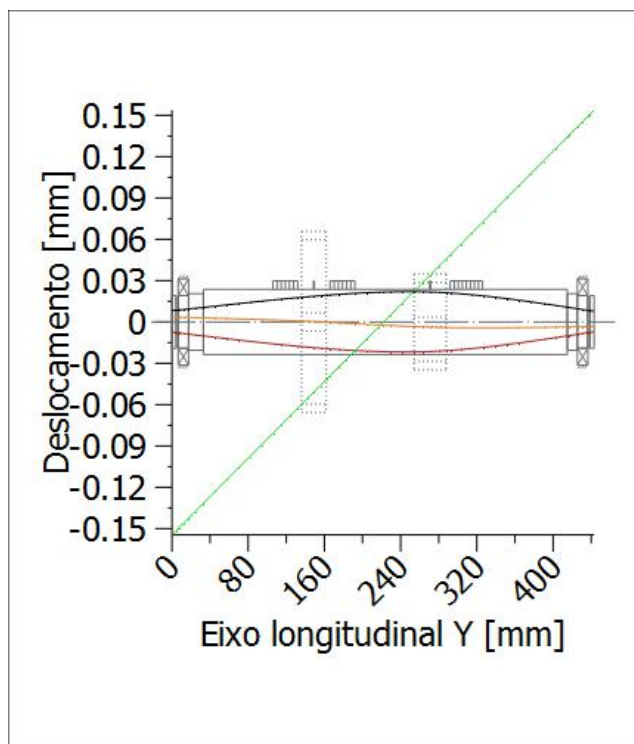
Tabela 19: Resultados do dimensionamento à flecha do veio intermédio.

Engrenamento	Roda	Sentido	F_r [N]	F_a [N]	R_A [N]	R_B [N]	δ [μm]	δ_{adm} [μm]
Trem 1 e Trem 4	2	Horário	1336,4	0	641	1344	18,7	30
Trem 1 e Trem 4	2	Anti-horário	1336,4	0	1768	1916	29,8	30
Trem 1 e Trem 5	2	Horário	1336,4	0	631	915	9,9	30
Trem 1 e Trem 5	2	Anti-horário	1336,4	0	1145	1506	19,8	30
Trem 1 e Trem 4	7	Horário	2525,7	0	641	1344	21,8	40
Trem 1 e Trem 4	7	Anti-horário	2525,7	0	1768	1916	32,3	40
Trem 1 e Trem 5	9	Horário	1288,6	0	631	915	8,2	40
Trem 1 e Trem 5	9	Anti-horário	1288,6	0	1145	1506	13,8	40
Trem 2 e Trem 4	4	Horário	1058	0	509	1113	10,7	30
Trem 2 e Trem 4	4	Anti-horário	1058	0	1579	1273	15,1	30
Trem 2 e Trem 5	4	Horário	1058	0	664	427	7,6	30
Trem 2 e Trem 5	4	Anti-horário	1058	0	1151	968	11,8	30
Trem 2 e Trem 4	7	Horário	1840,8	0	509	1113	18,3	40
Trem 2 e Trem 4	7	Anti-horário	1840,8	0	1579	1273	23,7	40
Trem 2 e Trem 5	9	Horário	939,2	0	664	427	8,2	40
Trem 2 e Trem 5	9	Anti-horário	939,2	0	1151	968	11,5	40
Trem 3 e Trem 4	6	Horário	846,4	0	332	613	15,4	30
Trem 3 e Trem 4	6	Anti-horário	846,4	0	909	1229	24,3	30
Trem 3 e Trem 5	6	Horário	846,4	0	204	54	7,9	30
Trem 3 e Trem 5	6	Anti-horário	846,4	0	587	1038	18,1	30
Trem 3 e Trem 4	7	Horário	1320,3	0	332	613	15,3	40
Trem 3 e Trem 4	7	Anti-horário	1320,3	0	909	1229	23,6	40
Trem 3 e Trem 5	9	Horário	673,6	0	204	54	7,9	40
Trem 3 e Trem 5	9	Anti-horário	673,6	0	587	1038	12,3	40

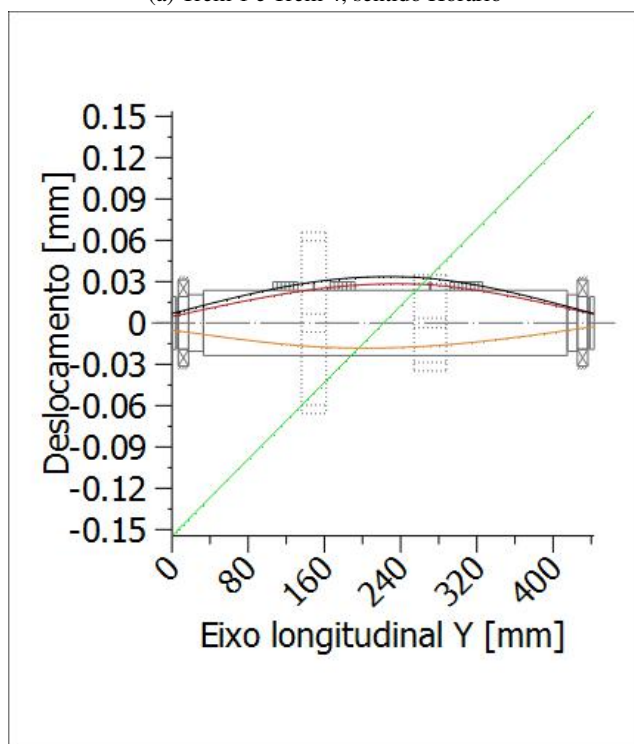
Tabela 20: Resultados do dimensionamento à flecha da árvore.

Engrenamento	Roda	Sentido	F_r [N]	F_a [N]	R_A [N]	R_B [N]	R_C [N]	δ [μm]	δ_{adm} [μm]
Trem 1 e Trem 4	8	Horário	863,9	0	624	23752	62428	9,4	40
Trem 1 e Trem 4	8	Anti-horário	863,9	0	519	24348	63521	8,4	40
Trem 2 e Trem 4	8	Horário	629,6	0	367	17338	45354	7,6	40
Trem 2 e Trem 4	8	Anti-horário	629,6	0	332	17524	46285	7,2	40
Trem 3 e Trem 4	8	Horário	451,6	0	173	12491	32395	6,3	40
Trem 3 e Trem 4	8	Anti-horário	451,6	0	191	12321	33174	6,2	40
Trem 1 e Trem 5	10	Horário	440,7	0	0	8810	22499	1,8	40
Trem 1 e Trem 5	10	Anti-horário	440,7	0	73	8361	22943	2,4	40
Trem 2 e Trem 5	10	Horário	321,2	0	-	6622	16396	1,1	40
Trem 2 e Trem 5	10	Anti-horário	321,2	0	-	5740	16620	2,2	40
Trem 3 e Trem 5	10	Horário	230,4	0	0	4973	11797	0,6	40
Trem 3 e Trem 5	10	Anti-horário	230,4	0	0	3901	11923	1,8	40

Assim, através das Tabelas 18, 19 e 20 e das imagens da Figura 66 conclui-se que, para todos os casos estudados dos três veios do cabeçote, nos pontos de engrenamento, a flecha obtida é inferior a 1% do módulo das engrenagens.

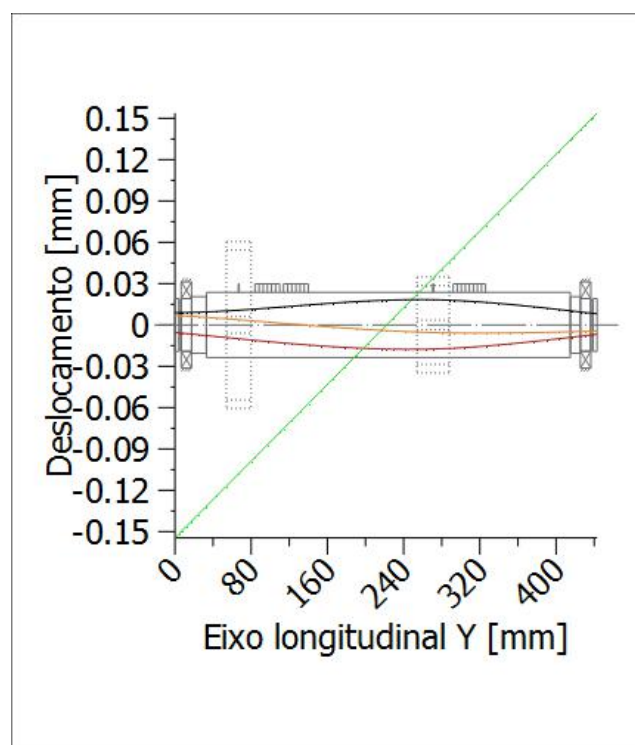


(a) Trem 1 e Trem 4, sentido Horário

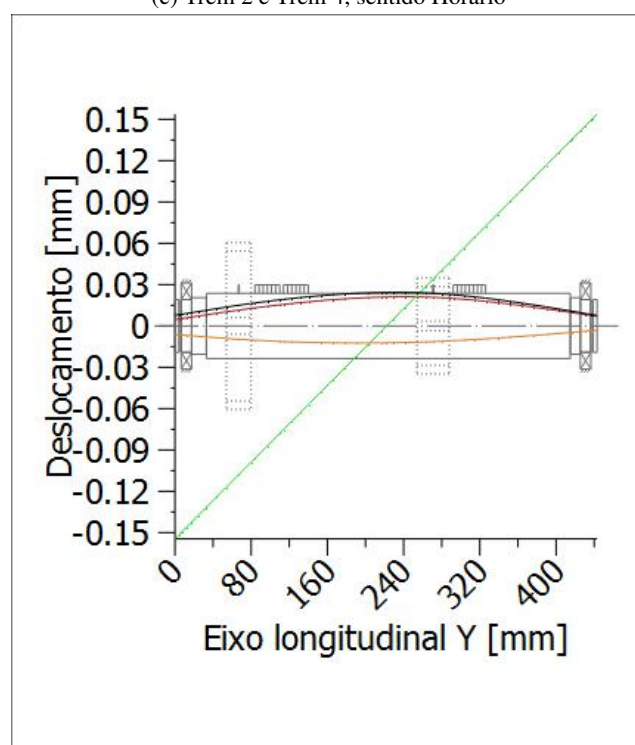


(b) Trem 1 e Trem 4, sentido Anti-horário

Figura 66: Deslocamentos segundo os 3 eixos e deslocamento combinado x-z, para o veio intermédio no caso:

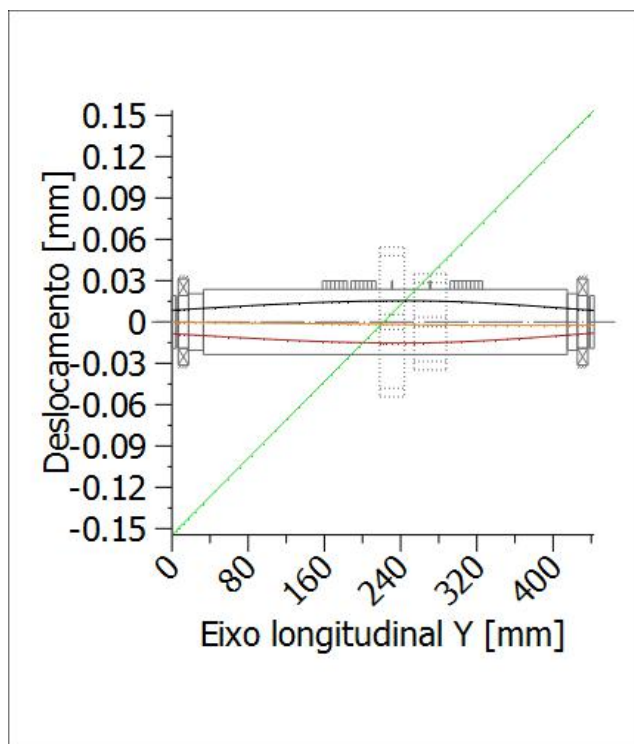


(c) Trem 2 e Trem 4, sentido Horário

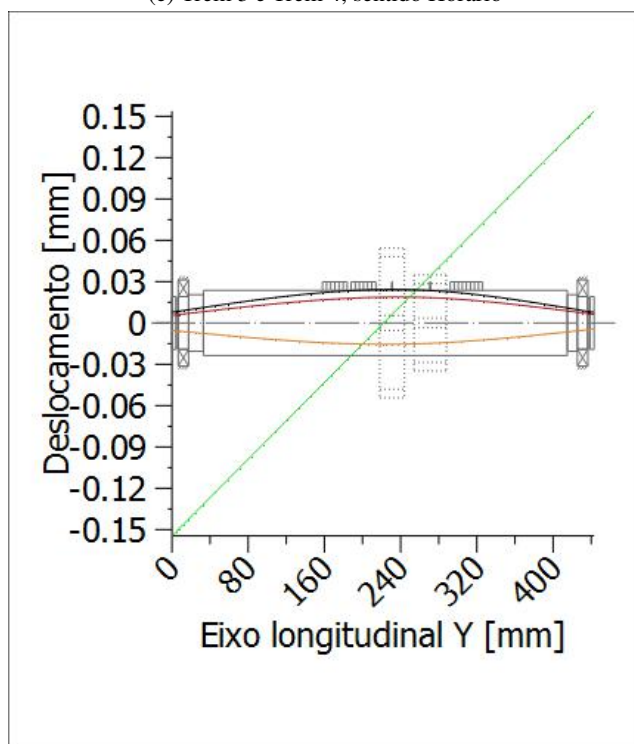


(d) Trem 2 e Trem 4, sentido Anti-horário

Figura 66: Deslocamentos segundo os 3 eixos e deslocamento combinado x-z, para o veio intermédio no caso: (continuação)

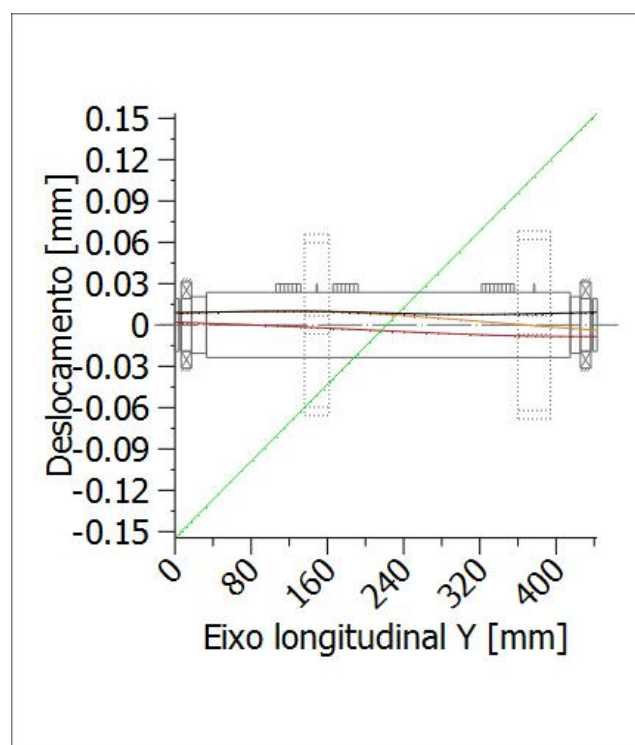


(e) Trem 3 e Trem 4, sentido Horário

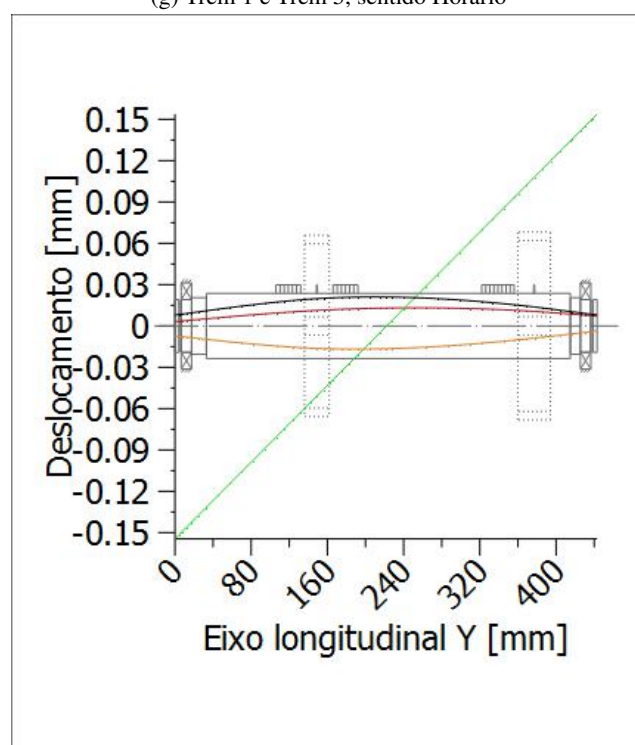


(f) Trem 3 e Trem 4, sentido Anti-horário

Figura 66: Deslocamentos segundo os 3 eixos e deslocamento combinado x-z, para o veio intermédio no caso: (continuação)

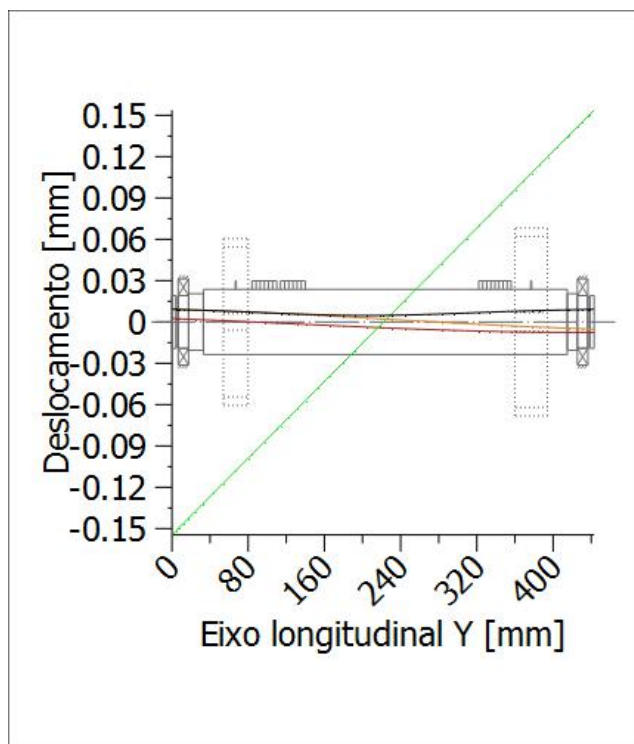


(g) Trem 1 e Trem 5, sentido Horário

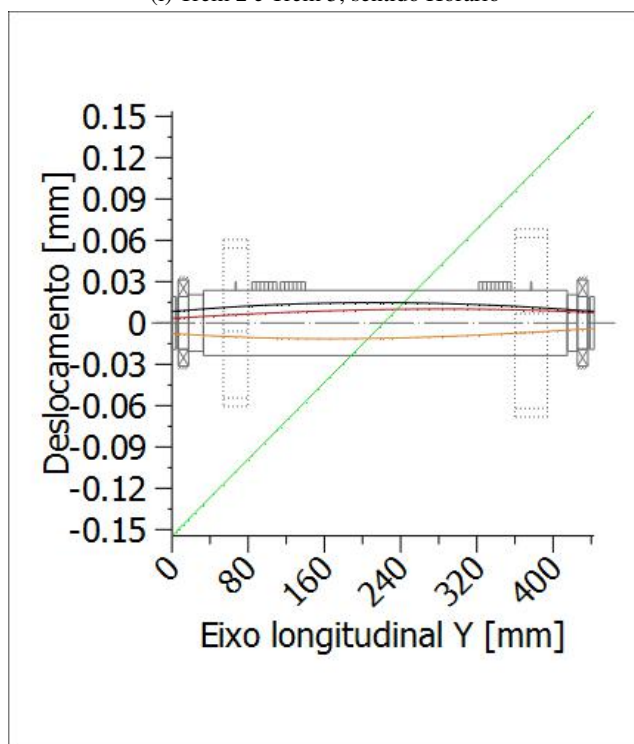


(h) Trem 1 e Trem 5, sentido Anti-horário

Figura 66: Deslocamentos segundo os 3 eixos e deslocamento combinado x-z, para o veio intermédio no caso: (continuação)

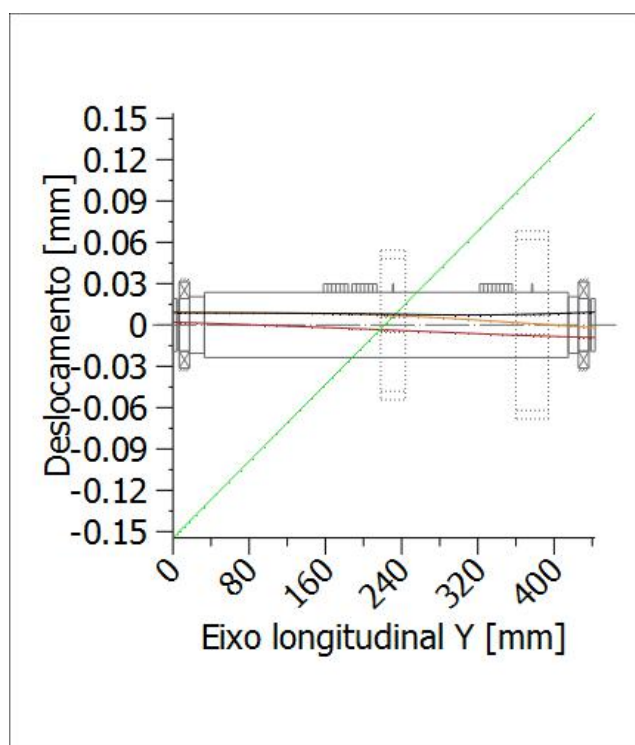


(i) Trem 2 e Trem 5, sentido Horário

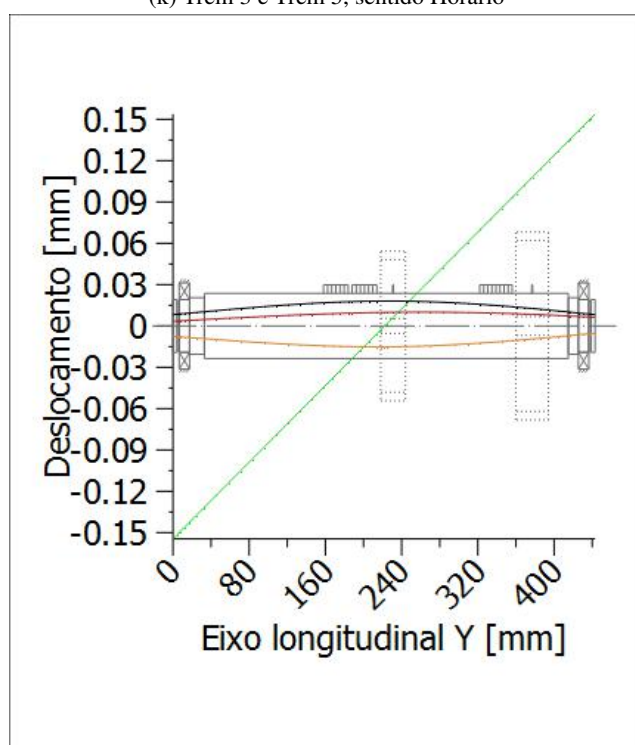


(j) Trem 2 e Trem 5, sentido Anti-horário

Figura 66: Deslocamentos segundo os 3 eixos e deslocamento combinado x-z, para o veio intermédio no caso: (continuação)



(k) Trem 3 e Trem 5, sentido Horário



(l) Trem 3 e Trem 5, sentido Anti-horário

Figura 66: Deslocamentos segundo os 3 eixos e deslocamento combinado x-z, para o veio intermédio no caso: (continuação)

4.4.4 Verificação à fadiga

A verificação à fadiga foi realizada, através do KISSsoft®, segundo a norma DIN 743:2012. Segundo esta a verificação da resistência é feita através do cálculo dos fatores de segurança: SD, coeficiente de segurança da resistência à fadiga, e SS, fator de segurança da resistência estática à deformação permanente [48, 49, 50].

O fator de segurança para a resistência à fadiga é calculado a partir da equação 26 e o de segurança para a resistência estática calculado a partir da equação 27, como ilustrado pela norma DIN 743, perante uma situação de carga combinada [48].

$$SD = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{zda}}{\sigma_{zdADK}} + \frac{\sigma_{ba}}{\sigma_{bADK}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{ta}}{\tau_{tADK}}\right)^2}} \quad (26)$$

$$SS = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{zdmax}}{\sigma_{zdFK}} + \frac{\sigma_{bmax}}{\sigma_{bFK}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{tmax}}{\tau_{tFK}}\right)^2}} \quad (27)$$

O significado e modo de obtenção de cada uma das variáveis constituintes das equações 26 e 27 são apresentados, de seguida.

σ_{zda} , σ_{ba} e τ_{ta} são as amplitudes das tensões efetivas nas secções seleccionadas, devido, ao esforço normal, à flexão e à torção, respetivamente, que dependem, por isso, dos esforços normais, dos momentos fletores e dos momentos torsores.

De forma análoga, σ_{zdmax} , σ_{bmax} e τ_{tmax} são os valores máximos das tensões efetivas devido, uma vez mais, ao esforço normal, à flexão e à torção.

Por sua vez, σ_{zdADK} , σ_{bADK} e τ_{tADK} são as tensões admissíveis à fadiga, também relativamente ao esforço normal, à flexão e à torção.

Da mesma forma, σ_{zdFK} , σ_{bFK} e τ_{tFK} são as tensões admissíveis à deformação permanente, de forma a evitar a deformação plástica [48, 49, 50].

As tensões admissíveis à fadiga são obtidas a partir da resistência à fadiga da peça com os entalhes que, por sua vez, é obtida a partir da resistência à fadiga da peça em bruto correspondente.

Para o cálculo da resistência à fadiga da peça com entalhe foi necessário introduzir no software os valores da resistência à fadiga relativos às propriedades da peça em bruto. (Isto deveu-se ao facto de o programa utilizar para os cálculos da resistência os valores das propriedades mecânicas relativos a um diâmetro de 16mm afetados de um fator corretivo, fator tecnológico de tamanho, K_1 que tem em conta a variação destas propriedades com o aumento do diâmetro.) Contudo, ao ajustar estes valores para todos os diâmetros do veio, o calculo não seria o mais correto, uma vez que em qualquer secção, o veio terá a mesma tensão de cedência e de rotura, pois estas não são alteradas pela maquinagem do mesmo. Efetivamente, ao considerar-se o diâmetro em bruto real do veio e respetivas propriedades mecânicas, o ajuste ao diâmetro de cada secção do veio continua a ser calculado. No entanto, como o diâmetro em bruto é superior aos diâmetros das secções, o valor do fator tecnológico de tamanho seria superior a 1 e o software limita este fator a 1. Logo, para todas as secções é considerada a mesma tensão de rotura e de cedência, como pretendido.

Os valores da resistência à fadiga da peça em bruto são frações da tensão de rotura do material. Apresentando como exemplo o veio intermédio, com um diâmetro em bruto de 70mm , os valores das propriedades do material para este diâmetro, retiradas do Anexo H, e os valores da resistência à fadiga do veio em bruto são apresentados na Tabela 21. Para os casos em que as dimensões eram superiores às apresentadas nas fichas técnicas dos aços temperados, recorreu-se à norma DIN EN 10083-3: *Steels for quenching and tempering*, para se consultar quais as propriedades mecânicas dos materiais para aquelas dimensões.

Tabela 21: Valores de resistência para o veio intermédio utilizados na verificação à fadiga.

Material aço F10 da RAMADA Aços®	
Tensão de rotura σ_B	580MPa
Tensão limite de elasticidade σ_S	305MPa
Resistência à tração/pressão alternada σ_{zdW}	$0,4 \cdot \sigma_B = 232\text{MPa}$
Resistência à flexão alternada σ_{bW}	$0,5 \cdot \sigma_B = 290\text{MPa}$
Resistência à torção alternada τ_{tW}	$0,3 \cdot \sigma_B = 174\text{MPa}$

Para a realização do cálculo das tensões admissíveis à fadiga a norma distingue dois casos. O primeiro considera que a tensão média permanece constante, mesmo que haja uma alteração da amplitude. O segundo considera que a relação entre a tensão máxima e a média é que se mantém constante, quando existe uma alteração no carregamento. Escolheu-se realizar os cálculos com base no segundo caso, para se ser mais conservador.

Nas tabelas das Figuras 67 e 68 encontram-se as equações utilizadas para o cálculo das tensões admissíveis quer à fadiga, quer à cedência. A definição e o cálculo dos diversos parâmetros que constituem as expressões das tabelas das Figuras 67 e 68 encontram-se detalhados na norma DIN 743.

Esforço normal (<i>Zug/Druck</i>)	$\sigma_{zd,ADK} = \frac{\sigma_{zd,WK}}{1 + \psi_{zd,\sigma K} \cdot \frac{\sigma_{mv}}{\sigma_{zd,a}}}$
Flexão (<i>Biegung</i>)	$\sigma_{b,ADK} = \frac{\sigma_{b,WK}}{1 + \psi_{b,\sigma K} \cdot \frac{\sigma_{mv}}{\sigma_{b,a}}}$
Torção (<i>Torsion</i>)	$\tau_{t,ADK} = \frac{\tau_{t,WK}}{1 + \psi_{t,K} \cdot \frac{\tau_{mv}}{\tau_{t,a}}}$

Figura 67: Expressões para o cálculo das tensões admissíveis à fadiga segundo o caso 2 da norma DIN 743 [49].

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

esforço normal (<i>Zug/Druck</i>)	$\sigma_{zd,FK} = K_1(d_{eff}) \cdot K_{2F} \cdot \gamma_F \cdot R_e$
flexão (<i>Biegung</i>)	$\sigma_{b,FK} = K_1(d_{eff}) \cdot K_{2F} \cdot \gamma_F \cdot R_e$
torção (<i>Torsion</i>)	$\tau_{t,FK} = K_1(d_{eff}) \cdot K_{2F} \cdot \gamma_F \cdot \frac{R_e}{\sqrt{3}}$

Figura 68: Expressões para o cálculo das tensões admissíveis à cedência segundo a norma DIN 743 [49].

As resistências à fadiga relativamente ao esforço normal ($\sigma_{zd,WK}$), à flexão ($\sigma_{b,WK}$) e à torção ($\tau_{t,WK}$) são influenciadas, como traduzido pelas expressões da Figura 69, por efeitos de tamanho, acabamentos superficiais e tratamentos da superfície que são contabilizados nos fatores K_1 e K_σ e K_τ . Na Figura 70 encontram-se as expressões que definem o efeito geométrico de tamanho (K_2) e os efeitos da superfície ($K_{F\sigma}$ e $K_{F\tau}$) [49].

Esforço normal (<i>Zug/Druck</i>)	Flexão (<i>Biegung</i>)	Torção (<i>Torsion</i>)
$\sigma_{zd,WK} = \frac{\sigma_{zd,W} \cdot K_1(d_{eff})}{K_\sigma}$	$\sigma_{b,WK} = \frac{\sigma_{b,W} \cdot K_1(d_{eff})}{K_\sigma}$	$\tau_{t,WK} = \frac{\tau_{t,W} \cdot K_1(d_{eff})}{K_\tau}$

Figura 69: Expressões para o cálculo da resistência à fadiga influenciada por efeitos de tamanho e acabamentos superficiais segundo a norma DIN 743 [49].

$K_\sigma = \left(\frac{\beta_\sigma}{K_2(d)} + \frac{1}{K_{F\sigma}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V}$	$K_\tau = \left(\frac{\beta_\tau}{K_2(d)} + \frac{1}{K_{F\tau}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V}$
---	---

Figura 70: Expressões para o cálculo dos coeficientes K_σ e K_τ segundo a norma DIN 743 [49].

Para cada um dos veios do cabeçote foram analisadas as secções onde existiam variações de diâmetro, pontos de engrenamento, chavetas e ranhuras de alívio de tensão. Na Tabela 22 são apresentados os valores dos parâmetros principais para a verificação à fadiga realizada pelo KISSsoft® relativamente ao veio intermédio. Nas Tabelas 23 e 24 apresentam-se apenas os valores dos fatores de concentração de tensão e os coeficientes de segurança obtidos, para o veio de entrada e para a árvore do cabeçote, respetivamente. Nestas tabelas, as distâncias y têm como referência a extremidade do veio visto do lado esquerdo (lado da entrada de potência no cabeçote), Δd corresponde a uma variação de diâmetro e β é o fator de concentração de tensão.

A solução final verificou os critérios da fadiga e da cedência, uma vez que o coeficiente de segurança à fadiga obtido em todas as secções dos 3 veios é superior a 1,2 (coeficiente de segurança mínimo a atingir) e o de segurança à deformação permanente é superior a 2,0 (coeficiente de segurança mínimo a atingir). Ainda assim, a secção mais preocupante seria a variação de diâmetro na árvore, a 705mm da extremidade esquerda do veio, onde os coeficientes de segurança para os casos mais esforçados são pouco superiores a 2,0.

Na Figura 71, apresentam-se os diagramas de momentos para todos os casos relativos ao veio intermédio, cujos valores permitem calcular as tensões efetivas de flexão e torção. A linha a verde corresponde ao momento torsor aplicado ao veio, a vermelha ao momento fletor em torno do eixo x, a linha azul ao momento fletor em torno do eixo z e a preta ao momento fletor combinado segundo x-z.

Tabela 22: Resultados da verificação à fadiga do veio intermédio.

σ_S 305 MPa		σ_B 580 MPa		σ_{zdW} 232 MPa		σ_{bW} 290 MPa		τ_{tW} 174 MPa	
Ponto	Δd	Ranhura	Roda Z4	Roda Z2	Roda Z6	Roda Z7	Roda Z9	Ranhura	Δd
y [mm]	17,50	32,00	67,00	149,00	231,00	271,00	377,00	416,00	425,50
d [mm]	55,00	59,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	59,00
β Tração/compressão	1,948	2,305	1,070	1,070	1,070	1,070	1,070	2,305	1,948
β Flexão	1,824	2,223	1,070	1,070	1,070	1,070	1,070	2,223	1,824
β Torção	1,357	1,668	1,156	1,156	1,156	1,156	1,156	1,668	1,668
Sentido Horário - Trem 1 e Trem 4									
σ_{zda} [MPa]	0	0	-	0	-	0	-	0	0
σ_{ba} [MPa]	0,216	0,706	-	3,797	-	8,636	-	1,108	0,452
τ_{ta} [MPa]	0	0	-	0,634	-	0,634	-	0	0
σ_{dADK} [MPa]	113,205	96,419	-	0,278	-	0,278	-	96,419	113,205
σ_{bADK} [MPa]	131,549	108,235	-	215,611	-	224,040	-	108,235	131,549
τ_{tADK} [MPa]	107,307	87,427	-	105,655	-	105,655	-	87,427	107,307
SD	608,35	153,21	-	53,76	-	25,63	-	97,71	291,02
SS	1095,20	335,23	-	49,09	-	24,16	-	213,80	523,91
Sentido Anti-horário - Trem 1 e Trem 4									
σ_{zda} [MPa]	0	0	-	0	-	0	-	0	0
σ_{ba} [MPa]	0,592	1,939	-	10,065	-	12,534	-	1,579	0,644
τ_{ta} [MPa]	0	0	-	0,634	-	0,634	-	0	0
σ_{dADK} [MPa]	113,205	96,419	-	0,278	-	0,278	-	96,419	113,205
σ_{bADK} [MPa]	131,549	108,235	-	225,020	-	226,20	-	108,235	131,549
τ_{tADK} [MPa]	107,307	87,427	-	105,655	-	105,655	-	87,427	107,307
SD	222,37	55,82	-	22,16	-	17,94	-	68,54	204,125
SS	400,33	122,14	-	20,90	-	16,92	-	149,97	367,48
Sentido Horário - Trem 2 e Trem 4									
σ_{zda} [MPa]	0	0	0	-	-	0	-	0	0
σ_{ba} [MPa]	0,172	0,563	1,146	-	-	7,132	-	0,916	0,374
τ_{ta} [MPa]	0	0	0,462	-	-	0,462	-	0	0
σ_{dADK} [MPa]	113,205	96,419	0,381	-	-	0,381	-	96,419	113,205
σ_{bADK} [MPa]	131,549	108,235	196,919	-	-	224,850	-	108,235	131,549
τ_{tADK} [MPa]	107,307	87,427	105,655	-	-	105,655	-	87,427	107,307
SD	763,02	192,18	137,34	-	-	31,23	-	118,14	351,90
SS	1373,65	420,49	109,35	-	-	29,45	-	258,50	633,52

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 22: Resultados da verificação à fadiga do veio intermédio. (continuação)

σ_S	σ_B		σ_{zdW}			σ_{bW}		τ_{tW}	
305 MPa	580 MPa		232 MPa			290 MPa		174 MPa	
Ponto	Δd	Ranhura	Roda Z4	Roda Z2	Roda Z6	Roda Z7	Roda Z9	Ranhura	Δd
y [mm]	17,50	32,00	67,00	149,00	231,00	271,00	377,00	416,00	425,50
d [mm]	55,00	59,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	59,00
β Tração/compressão	1,948	2,305	1,070	1,070	1,070	1,070	1,070	2,305	1,948
β Flexão	1,824	2,223	1,070	1,070	1,070	1,070	1,070	2,223	1,824
β Torção	1,357	1,668	1,156	1,156	1,156	1,156	1,156	1,668	1,668
Sentido Anti-horário - Trem 2 e Trem 4									
σ_{zda} [MPa]	0	0	0	-	-	0	-	0	0
σ_{ba} [MPa]	0,530	1,733	3,557	-	-	8,266	-	1,048	0,428
τ_{ta} [MPa]	0	0	0,462	-	-	0,462	-	0	0
σ_{zADK} [MPa]	113,205	96,419	0,381	-	-	0,381	-	96,419	113,205
σ_{bADK} [MPa]	131,549	108,235	218,876	-	-	225,691	-	108,235	131,549
τ_{tADK} [MPa]	107,307	87,427	105,655	-	-	105,655	-	87,427	107,307
SD	248,04	62,46	59,41	-	-	27,11	-	103,23	307,47
SS	446,54	136,66	55,19	-	-	25,57	-	225,88	553,53
Sentido Horário - Trem 3 e Trem 4									
σ_{zda} [MPa]	0	0	-	-	0	0	-	0	0
σ_{ba} [MPa]	0,112	0,365	-	-	3,145	3,904	-	0,505	0,206
τ_{ta} [MPa]	0	0	-	-	0,331	0,331	-	0	0
σ_{zADK} [MPa]	113,205	96,419	-	-	0,530	0,530	-	96,419	113,205
σ_{bADK} [MPa]	131,549	108,235	-	-	221,089	222,970	-	108,235	131,549
τ_{tADK} [MPa]	107,307	87,427	-	-	105,655	105,655	-	87,427	107,307
SD	1176,91	296,34	-	-	68,64	56,22	-	214,43	638,69
SS	2118,76	648,40	-	-	64,30	52,91	-	469,19	1149,81
Sentido Anti-horário - Trem 3 e Trem 4									
σ_{zda} [MPa]	0	0	-	-	0	0	-	0	0
σ_{ba} [MPa]	0,305	0,996	-	-	8,075	8,020	-	1,012	0,413
τ_{ta} [MPa]	0	0	-	-	0,331	0,331	-	0	0
σ_{zADK} [MPa]	113,205	96,419	-	-	0,530	0,530	-	96,419	113,205
σ_{bADK} [MPa]	131,549	108,235	-	-	227,11	227,084	-	108,235	131,549
τ_{tADK} [MPa]	107,307	87,427	-	-	105,655	105,655	-	87,427	107,307
SD	431,66	108,68	-	-	28,02	28,20	-	106,95	318,56
SS	777,10	237,80	-	-	26,40	26,57	-	234,01	573,50

Tabela 22: Resultados da verificação à fadiga do veio intermédio. (continuação)

σ_S	σ_B		σ_{zdW}		σ_{bW}		τ_{tW}		
305 MPa	580 MPa		232 MPa		290 MPa		174 MPa		
Ponto	Δd	Ranhura	Roda Z4	Roda Z2	Roda Z6	Roda Z7	Roda Z9	Ranhura	Δd
x [mm]	17,50	32,00	67,00	149,00	231,00	271,00	377,00	416,00	425,50
d [mm]	55,00	59,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	59,00	55,00
β Tração/compressão	1,948	2,305	1,070	1,070	1,070	1,070	1,070	2,305	1,948
β Flexão	1,824	2,223	1,070	1,070	1,070	1,070	1,070	2,223	1,824
β Torção	1,357	1,668	1,156	1,156	1,156	1,156	1,156	1,668	1,357
Sentido Horário - Trem 1 e Trem 5									
σ_{zda} [MPa]	0	0	-	0	-	-	0	0	0
σ_{ba} [MPa]	0,214	0,699	-	3,682	-	-	1,876	0,754	0,308
τ_{ta} [MPa]	0	0	-	0,634	-	-	0,634	0	0
σ_{zdADK} [MPa]	113,205	96,419	-	0,278	-	-	0,278	96,419	113,205
σ_{bADK} [MPa]	131,549	108,235	-	215,161	-	-	201,743	108,235	131,549
τ_{tADK} [MPa]	107,307	87,427	-	105,655	-	-	105,655	87,427	107,307
SD	614,77	154,88	-	55,15	-	-	90,364	143,56	427,59
SS	1106,755	338,88	-	50,22	-	-	74,541	314,12	769,778
Sentido Anti-horário - Trem 1 e Trem 5									
σ_{zda} [MPa]	0	0	-	0	-	-	0	0	0
σ_{ba} [MPa]	6,2	1,254	-	6,365	-	-	3,247	1,241	0,506
τ_{ta} [MPa]	0	0	-	0,634	-	-	0,634	0	0
σ_{zdADK} [MPa]	113,205	96,419	-	0,278	-	-	0,278	96,419	113,205
σ_{bADK} [MPa]	131,549	108,235	-	221,615	-	-	213,187	108,235	131,549
τ_{tADK} [MPa]	107,307	87,427	-	105,655	-	-	105,655	87,427	107,307
SD	343,82	86,32	-	34,08	-	-	61,09	87,245	259,856
SS	618,98	188,88	-	31,97	-	-	54,93	190,897	467,812
Sentido Horário Trem 2 e Trem 5									
σ_{zda} [MPa]	0	0	0	-	-	-	0	0	0
σ_{ba} [MPa]	0,225	0,735	1,433	-	-	-	1,667	0,659	0,269
τ_{ta} [MPa]	0	0	0,462	-	-	-	0,462	0	0
σ_{zdADK} [MPa]	113,205	96,419	0,381	-	-	-	0,381	96,419	113,205
σ_{bADK} [MPa]	131,549	108,235	202,932	-	-	-	206,461	108,235	131,549
τ_{tADK} [MPa]	107,307	87,427	105,655	-	-	-	105,655	87,427	107,307
SD	584,44	147,24	120,38	-	-	-	108,91	164,33	489,52
SS	1052,15	322,17	100,20	-	-	-	93,17	359,56	881,28

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 22: Resultados da verificação à fadiga do veio intermédio. (continuação)

σ_S	σ_B		σ_{zdW}			σ_{bW}		τ_{tW}	
305 MPa	580 MPa		232 MPa			290 MPa		174 MPa	
Ponto	Δd	Ranhura	Roda Z4	Roda Z2	Roda Z6	Roda Z7	Roda Z9	Ranhura	Δd
y [mm]	17,50	32,00	67,00	149,00	231,00	271,00	377,00	416,00	425,50
d [mm]	55,00	59,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	59,00
β Tração/compressão	1,948	2,305	1,070	1,070	1,070	1,070	1,070	2,305	1,948
β Flexão	1,824	2,223	1,070	1,070	1,070	1,070	1,070	2,223	1,824
β Torção	1,357	1,668	1,156	1,156	1,156	1,156	1,156	1,668	1,668
Sentido Anti-horário - Trem 2 e Trem 5									
σ_{zda} [MPa]	0	0	0	-	-	-	0	0	0
σ_{ba} [MPa]	0,385	1,261	2,540	-	-	-	2,062	0,797	0,325
τ_{ta} [MPa]	0	0	0,462	-	-	-	0,462	0	0
σ_{zADK} [MPa]	113,205	96,419	0,381	-	-	-	0,381	96,419	113,205
σ_{bADK} [MPa]	131,549	108,235	214,327	-	-	-	210,775	108,235	131,549
τ_{tADK} [MPa]	107,307	87,427	105,655	-	-	-	105,655	87,427	107,307
SD	341,61	85,84	79,15	-	-	-	93,31	135,75	404,35
SS	615	187,83	71,70	-	-	-	82,47	297,03	727,95
Sentido Horário - Trem 3 e Trem 5									
σ_{zda} [MPa]	0	0	-	-	0	-	0	0	0
σ_{ba} [MPa]	0,070	0,229	-	-	2,266	-	0,803	0,327	0,134
τ_{ta} [MPa]	0	0	-	-	0,331	-	0,331	0	0
σ_{zADK} [MPa]	113,205	96,419	-	-	0,530	-	0,530	96,419	113,205
σ_{bADK} [MPa]	131,549	108,235	-	-	217,422	-	196,236	108,235	131,549
τ_{tADK} [MPa]	107,307	87,427	-	-	84,763	-	105,655	87,427	107,307
SD	1883,03	472,85	-	-	91,89	-	193,91	330,52	984,41
SS	3389,96	1034,63	-	-	84,76	-	153,65	723,19	1772,21
Sentido Anti-horário - Trem 3 e Trem 5									
σ_{zda} [MPa]	0	0	-	-	0	-	0	0	0
σ_{ba} [MPa]	0,195	0,640	-	-	4,947	-	2,279	0,854	0,348
τ_{ta} [MPa]	0	0	-	-	0,331	-	0,331	0	0
σ_{zADK} [MPa]	113,205	96,419	-	-	0,530	-	0,530	96,419	113,205
σ_{bADK} [MPa]	131,549	108,235	-	-	224,643	-	217,495	108,235	131,549
τ_{tADK} [MPa]	107,307	87,427	-	-	105,655	-	105,655	87,427	107,307
SD	675,30	169,14	-	-	44,95	-	91,44	126,75	377,60
SS	1215,72	370,08	-	-	42,39	-	84,38	277,34	679,77

Tabela 23: Resultados da verificação à fadiga do veio de entrada.

σ_S		σ_B			σ_{zdW}		σ_{bW}		τ_{tW}	
650 MPa		900 MPa			360 MPa		450 MPa		270 MPa	
Ponto	Chaveta acoplamento	Δd	Chaveta 3	Roda Z3	Ranhura	Δd	Roda Z1	Ranhura	Chaveta 5	Roda Z5
y [mm]	9,00	50,00	122,00	138,00	149,00	208,00	220,00	291,00	298,00	302,00
d [mm]	24,00	24,00	30,00	30,00	30,00	29,00	49,00	29,00	30,00	30,00
β Tração/compressão	2,853	1,781	2,873	2,873	2,096	1,849	2,873	2,096	2,873	2,873
β Flexão	2,853	1,617	2,873	2,873	1,941	1,722	2,873	1,941	2,873	2,873
β Torção	1,784	1,293	1,791	1,791	1,504	1,312	1,791	1,504	1,791	1,791
Sentido Horário - Trem 1										
SD	111,78	25,45	20,91	-	11,95	25,94	51,24	14,07	16,50	-
SS	78,13	16,74	27,53	-	17,03	41,96	54,71	23,45	33,29	-
Sentido Anti-horário - Trem 1										
SD	111,77	25,44	20,22	-	11,49	25,14	49,67	13,31	15,56	-
SS	78,13	16,74	27,17	-	16,58	40,79	53,04	22,19	31,38	-
Sentido Horário - Trem 2										
SD	111,81	25,44	16,79	13,28	13,18	80,47	-	52,72	62,11	-
SS	78,13	16,74	24,96	25,53	22,01	134,93	-	87,87	125,32	-
Sentido Anti-horário - Trem 2										
SD	111,79	25,44	16,31	12,76	12,57	72,33	-	42,87	49,90	-
SS	78,13	16,74	24,58	24,64	20,99	121,29	-	71,45	100,68	-
Sentido Horário - Trem 3										
SD	114,77	25,44	42,53	-	31,33	95,88	-	15,63	17,29	18,20
SS	78,13	16,74	32,45	-	25,89	99,28	-	20,51	29,80	33,29
Sentido Anti-horário - Trem 3										
SD	111,83	25,44	40,77	-	29,11	86,19	-	14,72	16,23	17,07
SS	78,13	16,74	32,30	-	25,50	95,54	-	19,79	28,49	31,61

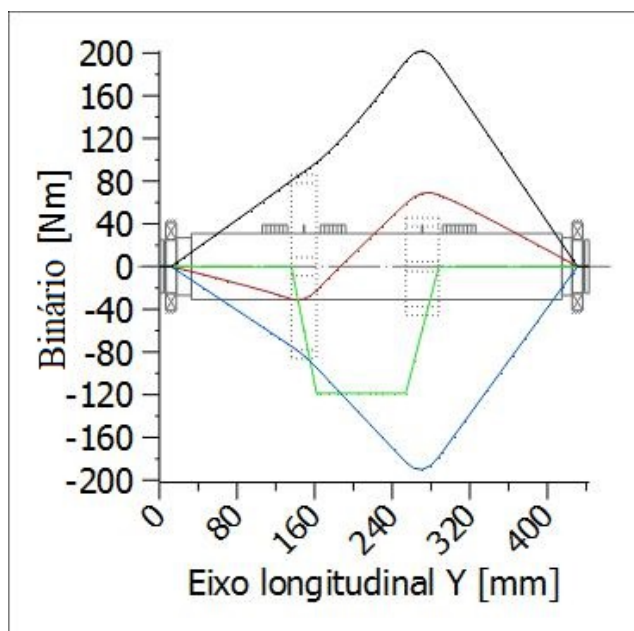
Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 24: Resultados da verificação à fadiga da árvore.

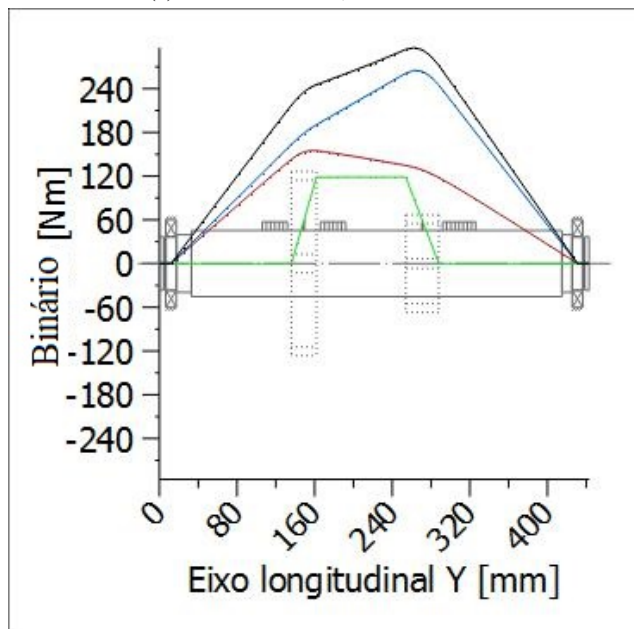
σ_S	σ_B			σ_{zdW}		σ_{bW}		τ_{tW}	
275 MPa	560 MPa			224 MPa		280 MPa		168 MPa	
Ponto	Δd	Roda Z8	Roda Z10	Δd	Δd	Δd	Δd	Δd	Δd
y [mm]	61,50	306,00	412,00	428,00	433,00	487,00	705,00	775,00	810,00
d [mm]	95,00	100,00	100,00	100,00	103,00	105,00	110,00	130,00	201,50
β Tração/compressão	2,105	1,000	1,000	1,855	1,676	2,121	2,434	3,120	3,343
β Flexão	1,992	1,000	1,000	1,753	1,548	2,012	2,210	2,655	2,909
β Torção	1,426	1,000	1,000	1,301	1,209	1,432	1,596	1,907	2,012
Sentido Horário - Trem 1 e Trem 4									
SD	35,01	26,04	-	19,59	23,15	17,54	2,27	8,06	53,83
SS	26,78	21,83	-	16,54	18,74	20,71	5,97	38,69	118,98
Sentido Anti-horário - Trem 1 e Trem 4									
SD	35,06	26,93	-	19,04	22,54	16,96	2,25	8,02	56,57
SS	26,78	22,17	-	16,45	18,64	20,63	5,90	38,53	129,68
Sentido Horário - Trem 2 e Trem 4									
SD	48,09	36,61	-	26,55	31,35	23,05	3,12	11,06	77,61
SS	36,74	30,30	-	22,64	25,65	28,59	8,20	53,12	177,92
Sentido Anti-horário - Trem 2 e Trem 4									
SD	48,15	37,57	-	26,36	30,89	23,15	3,08	11,00	77,61
SS	36,74	30,60	-	22,61	25,45	28,60	8,08	52,83	177,92
Sentido Horário - Trem 3 e Trem 4									
SD	67,15	52,82	-	35,56	42,08	28,50	4,36	15,44	108,21
SS	51,23	42,78	-	31,33	35,46	39,97	11,47	74,14	248,07
Sentido Anti-horário - Trem 3 e Trem 4									
SD	67,22	53,63	-	36,95	43,65	30,34	4,29	15,32	108,21
SS	51,23	42,97	-	31,55	35,75	39,92	11,24	73,58	248,07

Tabela 24: Resultados da verificação à fadiga da árvore. (continuação)

σ_S	σ_B			σ_{zdW}		σ_{bW}		τ_{tW}	
275 MPa	560 MPa			224 MPa		280 MPa		168 MPa	
Ponto	Δd	Roda Z8	Roda Z10	Δd	Δd	Δd	Δd	Δd	Δd
y [mm]	61,50	306,00	412,00	428,00	433,00	487,00	705,00	775,00	810,00
d [mm]	95,00	100,00	100,00	100,00	103,00	105,00	110,00	130,00	201,50
β Tração/compressão	2,105	1,000	1,000	1,855	1,676	2,121	2,434	3,120	3,343
β Flexão	1,992	1,000	1,000	1,753	1,548	2,012	2,210	2,655	2,909
β Torção	1,426	1,000	1,000	1,301	1,209	1,432	1,596	1,907	2,012
Sentido Horário - Trem 1 e Trem 5									
SD	96,51	-	73,56	58,23	67,30	40,34	6,27	22,19	155,22
SS	73,48	-	60,71	45,92	52,05	55,65	16,53	106,52	355,84
Sentido Anti-horário - Trem 1 e Trem 5									
SD	96,62	-	78,24	61,83	71,24	47,30	6,13	21,94	155,22
SS	73,48	-	61,86	46,51	52,81	53,66	16,05	105,36	355,84
Sentido Horário - Trem 2 e Trem 5									
SD	150,64	-	109,53	82,42	95,91	47,70	8,64	30,51	212,97
SS	100,82	-	81,62	62,24	70,50	72,60	22,81	146,45	488,22
Sentido Anti-horário - Trem 2 e Trem 5									
SD	150,67	-	109,95	81,51	99,03	52,32	8,38	30,03	212,97
SS	100,82	-	81,79	62,53	70,94	70,24	21,90	144,26	488,22
Sentido Horário - Trem 3 e Trem 5									
SD	209,17	-	143,57	101,79	119,78	56,95	12,08	42,53	295,98
SS	140,10	-	109,30	84,60	95,69	92,05	31,95	204,35	679,00
Sentido Anti-horário - Trem 3 e Trem 5									
SD	209,91	-	144,37	104,77	123,90	62,26	11,61	41,75	296,93
SS	140,56	-	109,80	85,25	96,63	88,12	30,30	200,53	680,70

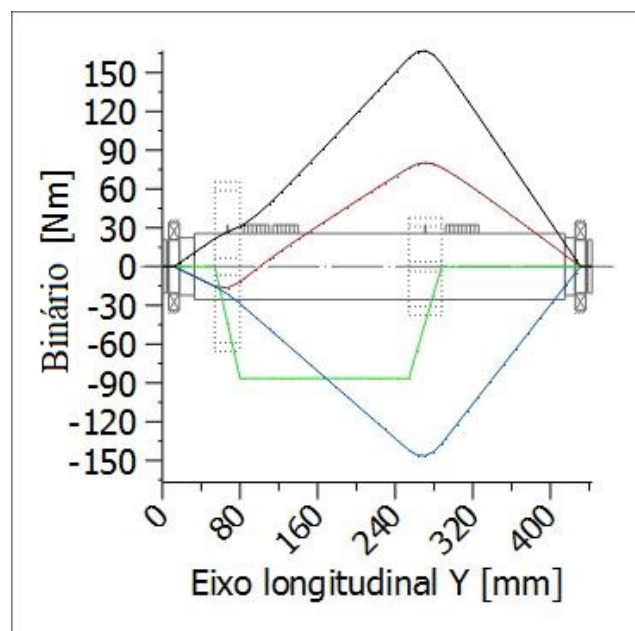


(a) Trem 1 e Trem 4, sentido Horário

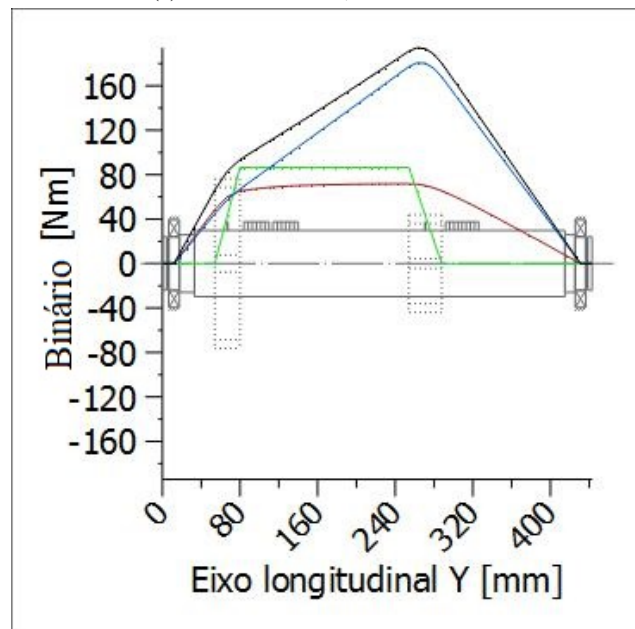


(b) Trem 1 e Trem 4, sentido Anti-horário

Figura 71: Diagramas de momentos, torsor e fletores, para o veio intermédio no caso:

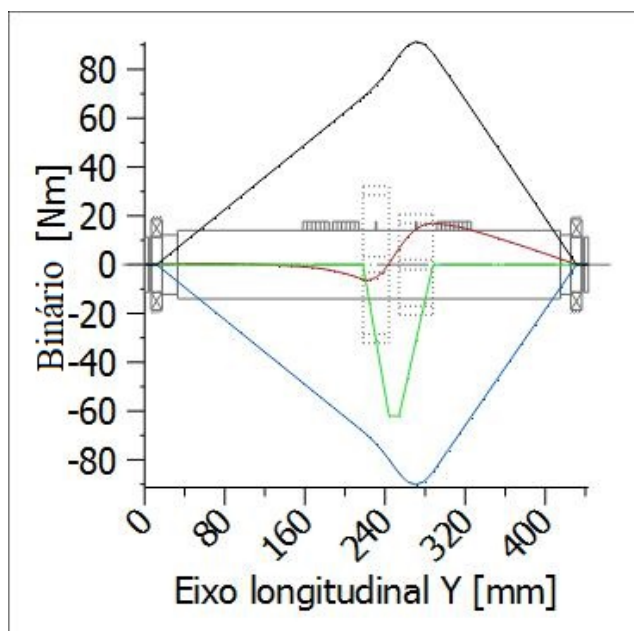


(c) Trem 2 e Trem 4, sentido Horário

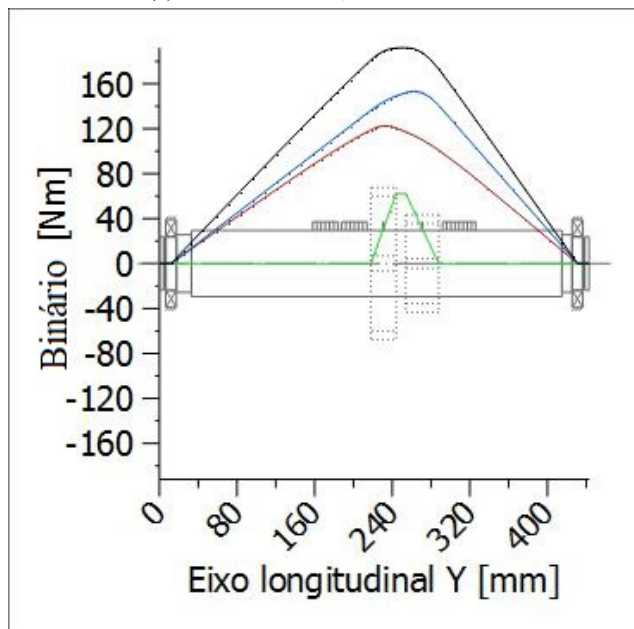


(d) Trem 2 e Trem 4, sentido Anti-horário

Figura 71: Diagramas de momentos, torsor e fletores, para o veio intermédio no caso: (continuação)

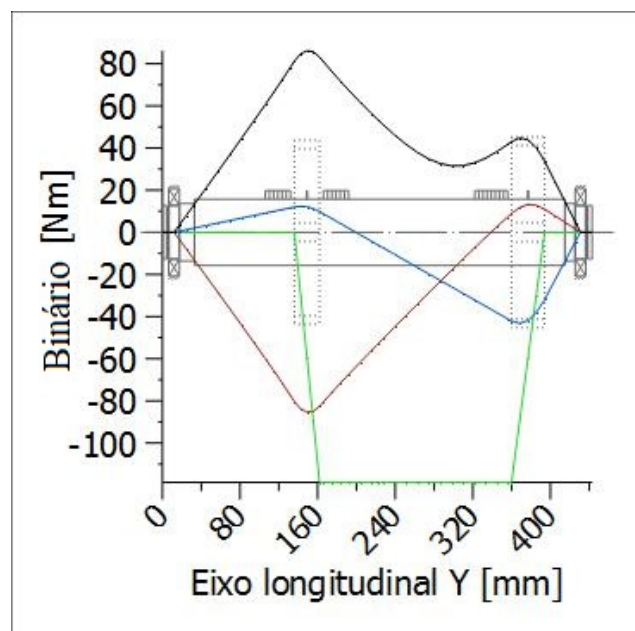


(e) Trem 3 e Trem 4, sentido Horário

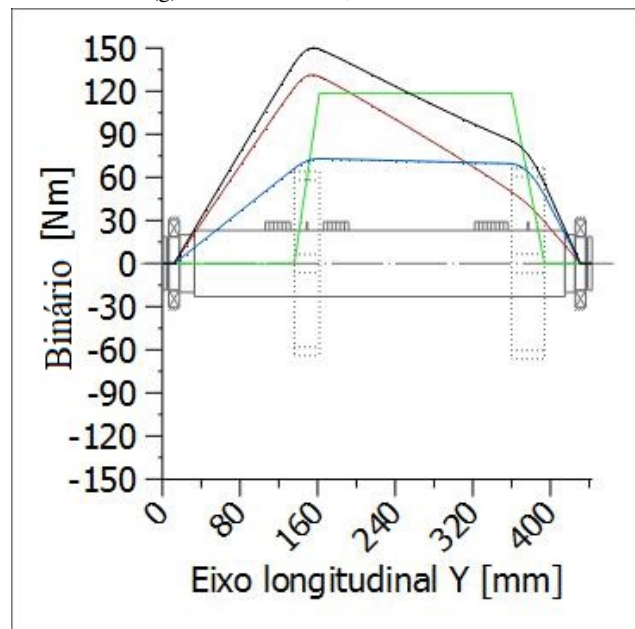


(f) Trem 3 e Trem 4, sentido Anti-horário

Figura 71: Diagramas de momentos, torsor e fletores, para o veio intermédio no caso: (continuação)

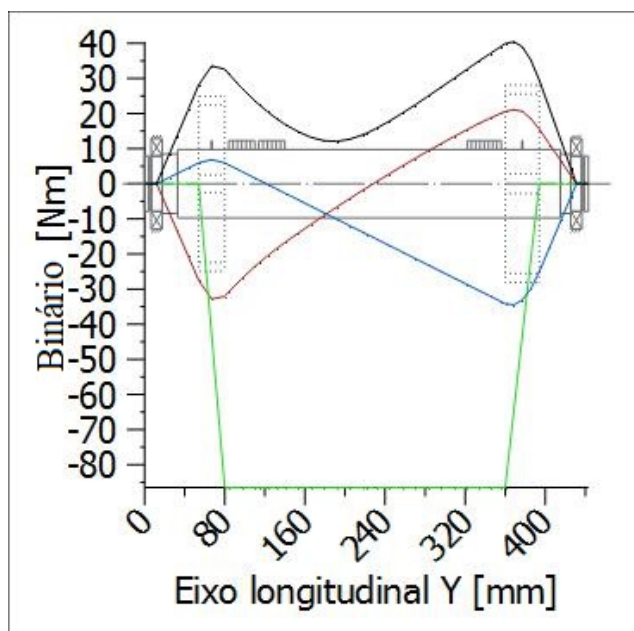


(g) Trem 1 e Trem 5, sentido Horário

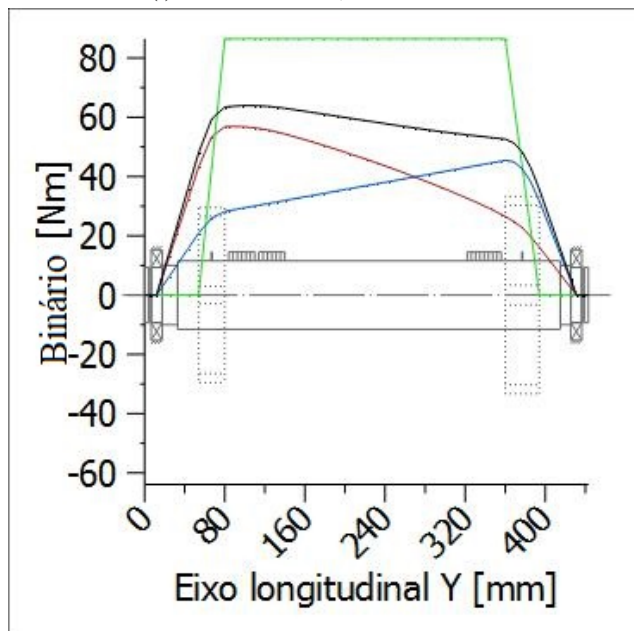


(h) Trem 1 e Trem 5, sentido Anti-horário

Figura 71: Diagramas de momentos, torsor e fletores, para o veio intermédio no caso: (continuação)

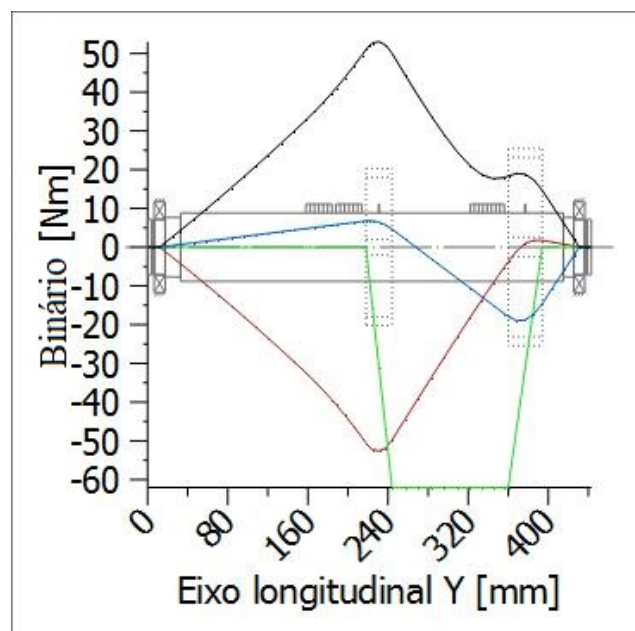


(i) Trem 2 e Trem 5, sentido Horário

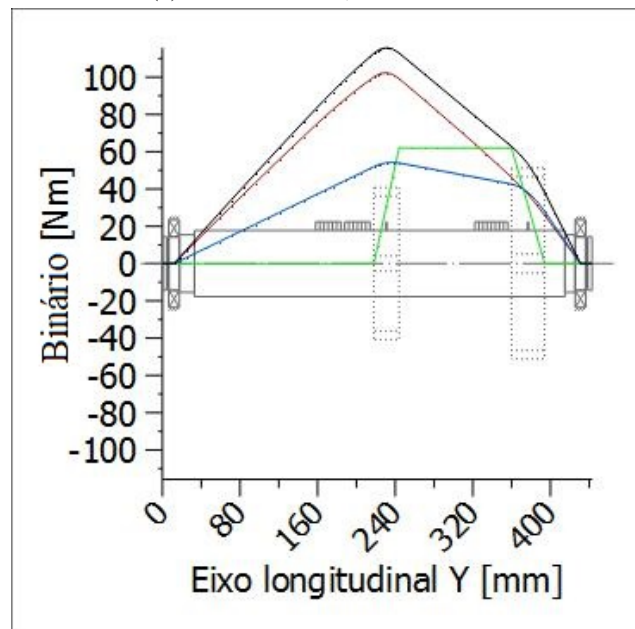


(j) Trem 2 e Trem 5, sentido Anti-horário

Figura 71: Diagramas de momentos, torsião e fletores, para o veio intermédio no caso: (continuação)



(k) Trem 3 e Trem 5, sentido Horário



(l) Trem 3 e Trem 5, sentido Anti-horário

Figura 71: Diagramas de momentos, torsor e fletores, para o veio intermédio no caso: (continuação)

4.5 Lubrificação e acessórios

Relativamente à lubrificação do cabeçote, os pressupostos apresentados por António Carneiro foram mantidos. Realizou-se o cálculo do parâmetro do lubrificante LP através da Teoria de Cheng, para confirmar se era possível manter o grau de viscosidade do óleo a utilizar. Neste cálculo considerou-se a engrenagem mais esforçada, isto é, aquela responsável por transmitir o maior momento torsor. A situação de maior esforço é atribuída às engrenagens do trem 4, quando se encontra, simultaneamente, engrenado o trem 1. Na Tabela 25 são apresentadas as variáveis, as respetivas expressões e os resultados relativos à aplicação da teoria de Cheng.

Tabela 25: Variáveis e respetivos valores utilizados na Teoria de Cheng.

Variáveis da Teoria de Cheng				Z7	Z8
Espessura de filme específica	Λ	$= \frac{1}{\sigma} \left[G \cdot LP \cdot N \cdot \left(\frac{W_t}{l} \right)^{-0.148} \right]^{0.74} =$		0,80	
Rugosidade média (RMS)	σ	$=$		0,50	
Parâmetro geométrico	G	$= \frac{3,4 \times 10^{-4} (i \cdot a \cdot \sin \alpha)^1,5 \cdot E_D^{0.148}}{(i+1)^2} = 10,7 \times 10^{-5} =$		$1,75 \times 10^{-5}$	$10,78 \times 10^{-5}$
Carga por unidade de comprimento	$\frac{W_t}{l}$	$= \frac{M_t \cdot (i+1)}{i \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha \cdot \cos^2 \beta} =$		74291,68	78934,91
Velocidade tangencial	V	$= \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot i \cdot N}{60 \cdot (i+1)} =$		4,63m/s	
Módulo de elasticidade reduzido	E_D	$= \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right) \right]^{-1} =$		$2,31 \times 10^{11} Pa$	
Momento torsor transmitido	M_t	$=$		118,68Nm	398,76Nm
Menor velocidade da roda	N	$=$		885,16rpm	263,44rpm
Razão de transmissão da engrenagem	i	$=$		1,00	3,36
Entre-eixo de funcionamento	a	$=$		218mm	
Largura da roda	b	$=$		34mm	32mm
Ângulo de pressão	α	$=$		20°	
Ângulo de hélice	β	$=$		0°	
Coefficiente de Poisson	$\nu_1 = \nu_2$	$=$		0,3	
Módulo de elasticidade	$E_1 = E_2$	$=$		200GPa	
Temperatura de serviço	T	$=$		80°C	
Parâmetro do lubrificante	LP	$=$		98,42	54,18

Consultando a Tabela 25 verifica-se que o parâmetro do lubrificante é superior para o pinhão. É, precisamente, a partir do valor mais elevado do parâmetro do lubrificante que a escolha do grau de viscosidade do óleo deve ser feita.

Deste modo, pela introdução dos valores do parâmetro do lubrificante e da temperatura de serviço no gráfico da Figura 72 conclui-se que estes se interseitam num ponto sobre a linha referente ao grau de viscosidade ISO VG 320, o que levaria a assumir-se como indicado um óleo de grau ISO VG 460. Para além do ponto de interseção se situar no limite da utilização do grau de viscosidade ISO VG 320, a escolha de um grau ISO VG 460 apenas seria indicada para o pinhão Z7 já que todos os outros órgãos mecânicos funcionariam com um óleo de viscosidade demasiado elevada. Assim, para haver um compromisso entre o bom funcionamento de todos os componentes, conclui-se que a utilização de um lubrificante de grau ISO VG 320 será o mais indicado.

Calculou-se, de forma aproximada, o volume de óleo necessário para que, pelo menos, uma

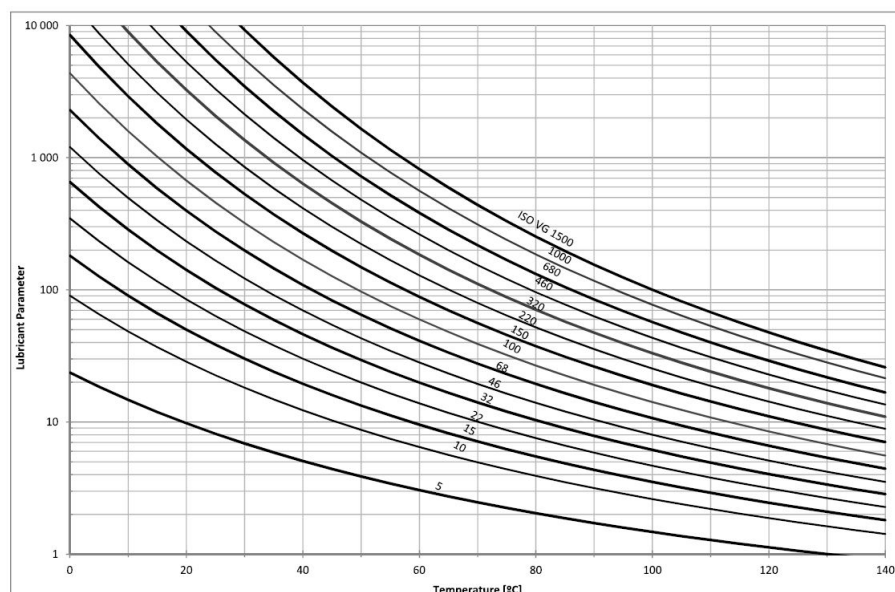


Figura 72: Grau de viscosidade ISO em função do parâmetro do lubrificante e da temperatura de serviço [37].

roda de cada trem estivesse mergulhada no mínimo uma altura equivalente a 3 dentes. Assim sendo, a roda que define o nível de óleo é o pinhão Z7 do trem 4, fixando-o a 115mm da base do cabeçote, correspondente a 101mm do fundo do cárter. A base interior do cárter possui uma área de $631 \times 382\text{mm}^2$ pelo que, são necessários, aproximadamente, 25L de lubrificante. Efetivamente, esta quantidade de óleo encontra-se sobre-estimada, uma vez que não se considerou o volume dos componentes mergulhados no óleo, que diminuiria o volume de óleo necessário.

Tendo em conta as dimensões do cabeçote e o volume de óleo necessário, optou-se por manter os bujões de enchimento e saída do óleo que António Carneiro havia escolhido, bem como o indicador do nível de óleo.

4.6 Aspetos construtivos e toleranciamento

Nesta subsecção do presente capítulo são apresentados os aspetos construtivos tidos em consideração acerca dos diversos componentes e mecanismos constituintes do cabeçote de torno.

Para os componentes não standard foi necessário realizar os respetivos desenhos de definição, que fazem parte dos anexos da presente dissertação. Neles é apresentado o toleranciamento exigido para o bom funcionamento do cabeçote. Por esta razão, nesta secção também serão justificadas as escolhas efetuadas relativamente ao toleranciamento. Por outro lado, os fornecedores dos componentes standard (como rolamentos, vedantes e as powerlocks) indicam, nas fichas técnicas dos produtos, ou nos seus catálogos quais os ajustamentos, tolerâncias e rugosidades que esses componentes e aqueles em contacto com eles devem possuir.

Note-se que, para os desenhos de definição dos componentes não standard, se escolheu a classe fina como a de toleranciamento geral, quer para o toleranciamento dimensional, quer para o geométrico, segundo a norma ISO 2768, que especifica o toleranciamento geral para peças obtidas por processos de corte por arranque de aparas. Ainda que a classe média seja aplicável a máquinas-

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

ferramenta, optou-se pela fina para se obter uma máquina com maior precisão dimensional e geométrica. Tal como as regras de desenho indicam, quando uma tolerância é mais larga ou mais apertada que a tolerância geral, esta deve ser indicada no desenho de definição da peça [51]. No entanto, nos casos em que as tolerâncias eram mais largas que a tolerância geral, optou-se por omitir a sua indicação e considerar o valor da tolerância geral correspondente. É importante ressaltar também que, as tolerâncias geométricas de cilindridade, coaxialidade, localização e batimento total não são abrangidas pelo toleranciamento geral. Nos casos em que estas se consideraram necessárias, procedeu-se ao cálculo das mesmas como indicado na tabela da Figura 73. Foram adotados os valores obtidos pela tolerância larga, uma vez que as tolerâncias reduzidas levavam às muito apertadas, que não seriam possíveis de fabricar por maquinagem de precisão corrente.

Características geométricas		Tolerâncias [mm]		Dimensão [m] do elemento ou da relação entre elementos a considerar no cálculo da tolerância
		Larga*	Reduzida*	
Tolerâncias de forma				
Retitude		0,1 mm/m	0,02 mm/m	Comprimento (l)
Circularidade		IT 8	IT 5	Diâmetro (Ø)
Perfil de uma linha				
Planeza		0,1 mm/m	0,04 mm/m	Maior das dimensões laterais da superfície ou Ø
Cilindricidade		0,04 mm/m	0,02 mm/m	Maior dimensão entre o Ø e o comprimento (l)
Perfil de uma superfície				
Tolerâncias de orientação				
Paralelismo		IT 9	IT 5	Distância entre elementos
Perpendicularidade		0,4 mm/m	0,1 mm/m	Dimensão perpendicular à referência
Inclinação		0,4 mm/m	0,1 mm/m	Dimensão inclinada em relação à referência
Tolerâncias de posição				
Localização		IT 11	0,02 mm	Distância em relação à referência (c/ toler. larga)
Coaxialidade / concentricidade		0,02 mm	0,005 mm	Valores fixos
Simetria		IT 11	0,02 mm	Largura (l) (c/ a toler. larga)
Tolerâncias de batimento				
Batimento circular				
Batimento total				
* Valores dados a título de primeira estimativa para aplicações correntes.				

* Valores dados a título de primeira estimativa para aplicações correntes.

Figura 73: Tabela com indicação de valores de tolerâncias geométricas para aplicações correntes [51].

Ainda que o processo de fundição não fizesse parte do âmbito desta tese como primordial, o carácter e as tampas seriam fabricados por fundição e, posteriormente, maquinados na zonas onde fosse necessário. Por isso, foram realizados, para além dos desenhos de definição dessas peças, os desenhos de modelo das mesmas.

Clarifique-se que o desenho de modelo efetivo para fundição destas peças, requeria a definição das moldações e produção dos moldes, sistemas de gitagem e todas as outras definições importantes para fundir uma peça. Na verdade, os desenhos elaborados apenas possuem a forma e as dimensões da matéria prima para maquinagem, ou seja, os desenhos apresentados possuem a forma que se espera obter destas peças, quando terminarem o seu processo de fundição (peças a considerar como matéria-prima para maquinagem).

No entanto, para obter a sobre-espessura para maquinagem, foi necessário definir as tolerâncias gerais de fundição de acordo com a norma ISO 8062-3. Estabeleceu-se como grau de tolerância dimensional para todas as peças o grau DCTG-12 e como tolerância geométrica o GCTG-6, uma vez que todas elas serão realizadas em ferro fundido cinzento e a fundição em areia verde [51].

A escolha recaiu sobre este processo de moldação por ser um dos mais simples e possuir boas características para fundir ferro fundido cinzento, Tabela 2. Por sua vez, a sobre-espessura para maquinagem (RMAG) depende não só dos mesmos parâmetros que os graus de tolerância gerais, mas também da dimensão máxima de atravancamento da peça em questão, pelo que é especificado, em cada desenho, o devido valor.

Como rugosidade geral admitiu-se que, de fundição, estas peças possuem $25\mu m$.

4.6.1 Vedação

Na secção 4.2 Definições inalteradas desta dissertação foi referido que se manteve o tipo de vedantes para a nova solução, devido ao facto dos vedantes labiais com raspador serem os mais indicados quando se pretende ter uma boa vedação dinâmica, impedindo a entrada de poeiras no cabeçote.

No total foram necessários dois vedantes, um para ser inserido na tampa traseira da árvore e o outro para ser colocado na tampa do veio de entrada, por estas permitirem a passagem dos respectivos veios para o exterior do cabeçote, tal como é apresentado nas imagens da Figura 74.

Relativamente ao vedante do veio de entrada não existiram problemas com as dimensões do mesmo pois, este podia ser inserido na tampa sem existir qualquer interferência com outro componente. No entanto, das opções existentes para o vedante da árvore, o diâmetro mínimo exterior disponível era de $125mm$ e o diâmetro exterior do rolamento rígido de esferas junto desse vedante era de $120mm$. Isto fez com que a castanha do cárter para essa tampa tivesse de ser mais comprida e ligeiramente diferente das restantes. Inicialmente, tinha-se optado por introduzir uma tampa falsa, mas uma vez que o rolamento rígido de esferas possui o anel exterior livre, a tampa não necessita de fazer de batente ao mesmo, fazendo com que pudesse ser suprimida.

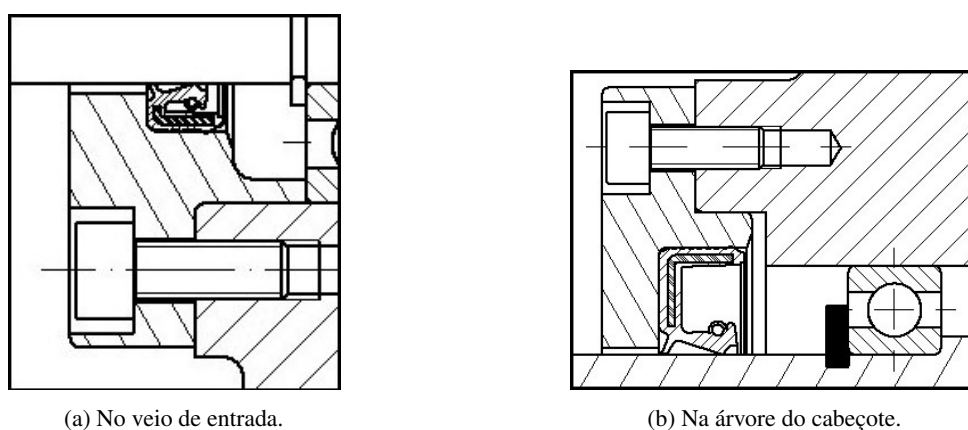


Figura 74: Localização do respetivo vedante labial:

As dimensões e tolerâncias do alojamento do vedante encontram-se no Anexo K, bem como as fichas técnicas dos dois vedantes. A FREUDENBERG indica que a rugosidade da superfície do veio se deve encontrar entre os $0,2\mu m$ e os $0,8\mu m$, que a sua tolerância dimensional deverá ser h11 e que o grau de tolerância normal de circularidade do mesmo deverá ser IT8. Como os desvios da tolerância h11 são superiores aos do toleranciamento geral, para as dimensões dos veios, optou-se por aplicar o toleranciamento geral.

A vedação na zona frontal da árvore do cabeçote é realizada pela própria tampa através de ranhuras maquinadas na mesma, para ser realizada uma vedação sem contacto. Assim, durante o movimento de rotação da árvore, não haverá aquecimento do nariz da mesma, devido ao contacto com outro corpo. Isto porque esse aquecimento poderia introduzir erros na precisão da máquina-ferramenta, devido à expansão e contração do veio com a variação da temperatura. As dimensões e forma das ranhuras foram retiradas da referência [52]. Na Figura 75 é apresentada a tampa frontal com as ranhuras.

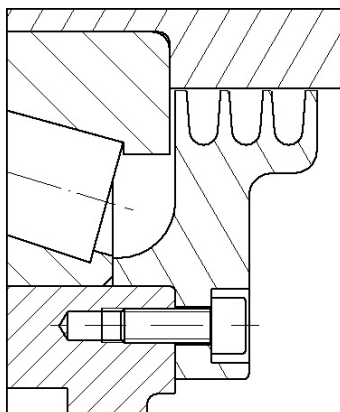


Figura 75: Tampa frontal da árvore com ranhuras de vedação.

4.6.2 Trens de seleção

Na Figura 76 são apresentados os trens que fazem parte dos mecanismos de seleção. Como já foi mencionado, foi necessário diminuir ao máximo o comprimento do veio intermédio para que a flecha máxima do veio não ultrapassasse os $30\mu m$ no ponto de engrenamento da roda Z2, quando a roda Z7 também estivesse engrenada, no sentido anti-horário, sendo esta a situação crítica do veio. Por esta razão, optou-se por afastar as rodas do mesmo trem de seleção entre si em $4mm$. Este pequeno afastamento obrigou à procura de diferentes soluções para o acoplamento, entre as rodas do mesmo trem de seleção:

- talhar as rodas na mesma peça, procedimento ideal, não podia ser realizado porque o espaçamento não era suficiente para a saída da ferramenta;
- utilizar uma manga estriada sobre o veio onde as rodas pudessem ser inseridas e unidas por uma chaveta à manga, foi, igualmente, solução descartada, porque não existia espaço suficiente entre o topo do escatel do veio e o pé do dente das rodas para que a integridade destas fosse assegurada;
- estender o cubo de uma das rodas extremas e unir por interferência as restantes rodas do trem ao cubo dessa roda, foi a solução aplicada no trem móvel do mecanismo de primeira seleção. No entanto, não se adaptou ao trem móvel do mecanismo de seleção de base porque, ainda que a montagem do trem fosse exequível, a desmontagem poderia levar à destruição das rodas (impedindo a remoção das duas rodas Z4 e Z2 do cubo da roda Z6) porque, para além da distância entre elas ser reduzida, a proximidade dos diâmetros de cabeça das rodas não permite agarrá-las de alguma forma para as sacar;

- unir as rodas através de três parafusos e um pino cônico responsável pelo posicionamento correto das engrenagens. Ainda que esta fosse a solução com menor atravancamento, seria a menos indicada, porque era necessário criar no cárter um acesso direto às rodas para periodicamente verificar o estado dos parafusos e do pino (com a vibração do cabeçote acabariam por desapertar e não assegurar corretamente a transmissão de movimento);
- estender o cubo de uma das rodas extremas e unir as restantes por enchavetamento ao cubo da outra. Esta acabou por ser a solução adotada para o trem do mecanismo de seleção de base, por ser aquela que permitia montar e desmontar o trem sem dano para as rodas, transmitir o binário necessário e não implicava um aumento do comprimento do veio.

Repare-se que para garantir que as rodas Z4 e Z2, montadas sobre Z6, e a roda Z9, montada sobre a roda Z7, não se movimentariam axialmente umas sobre as outras, (mesmo sendo a roda Z9 montada por interferência sobre a Z7) optou-se por colocar uma anilha de segurança e uma porca de entalhes em cada um dos trens de seleção, como se pode ver nas imagens da Figura 76.

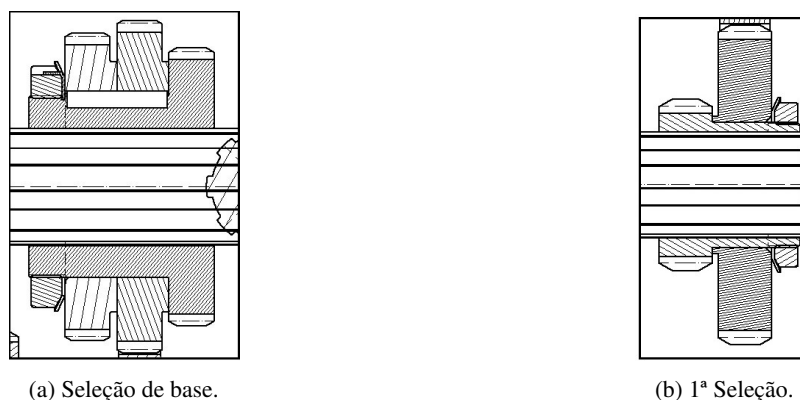


Figura 76: Solução construtiva do trem móvel do mecanismo de:

Nota: Na imagem a) da Figura 76, ainda que pareça que a chaveta se encontra encostada à anilha de segurança, a chaveta encontra-se distanciada da anilha de $1mm$. Este pormenor é perceptível no desenho de conjunto em anexo.

Relativamente aos ajustamentos entre as rodas de cada trem estabeleceram-se alguns parâmetros. Como no trem do mecanismo de seleção de base, imagem a) da Figura 76, as rodas Z2 e Z4 são montadas sobre a roda Z6 e interligadas por uma chaveta, optou-se por um ajustamento moderadamente preso, H7/k6, como indicado na referência [38]. Foi necessário considerar tolerâncias de batimento e perpendicularidade nas faces de encosto das rodas dentadas. Para isso consideraram-se valores próximos dos utilizados para os encostos de anéis elásticos (consultados nas referências [38] e [53]). Nessas mesmas referências, também são apresentadas as chavetas normalizadas. Após se realizarem os mesmos cálculos utilizados no dimensionamento das chavetas do veio de entrada concluiu-se que, a chaveta normalizada indicada pela norma DIN 6885, tinha um comprimento mínimo de $80mm$, que impossibilitava a sua implementação no trem do mecanismo de seleção de base. Por este motivo, optou-se pela utilização de uma chaveta não normalizada, com um comprimento de $58mm$ de forma a abranger as duas rodas. Surgiu ainda um outro problema, com a chaveta, relativamente à sua altura. Para um diâmetro de $105mm$ ela teria de possuir uma altura de $16mm$, o que fazia com que a resistência do cubo da roda Z6 no local da chaveta não fosse assegurada. Assim, optou-se por uma da série baixa para a qual são apresentados os cálculos

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

do dimensionamento na Tabela 27. O toleranciamento em relação à chaveta foi também retirado das referências [38] e [53].

Tabela 26: Dimensionamento da chaveta para o trem do mecanismo de seleção de base.

Chaveta	d [mm]	M_t	b	h	t_1	l_{corte}	$l_{esmagamento}$
Roda Z2	105	118,68	28	10	6,9	1,17	6,08
Roda Z4	105	86,50	28	10	6,9	0,85	4,43

No que diz respeito ao ajustamento entre as rodas Z9 e Z7, uma vez que a montagem tem de ser feita por interferência para se garantir a transmissão de binário, optou-se por um ajustamento apertado H7/p6, cuja interferência pode ir de $2\mu m$ a $51\mu m$. Por esta razão, será necessário dilatar a roda Z9 para a montar e a desmontar da Z7.

4.6.3 Mecanismos de seleção

Definidos os trens móveis foi necessário estabelecer os mecanismos de seleção. Como existem dois, tiveram de se aplicar duas manivelas na zona exterior do cabeçote. Tentou adaptar-se o mesmo tipo de mecanismo usado por António Carneiro, isto é, um sistema que transforma o movimento de rotação da manivela, num movimento axial dos trens, ou seja, uma biela.

A ligação entre a biela e o respetivo trem foi realizada através de uma agarra em ambos os casos, pois as rodas encontram-se muito próximas. Apenas $4mm$ não são suficientes para se colocar um encaixe, seja ele retangular ou circular. Portanto, para a inserção desse encaixe, seria necessário aumentar o comprimento dos trens e consequentemente o do veio intermédio. Isto era impraticável.

Nas imagens da Figura 77 encontram-se representadas as agarras de cada trem. Para o trem de 1ª seleção a implementação da agarra foi simples, uma vez que a diferença de diâmetros entre as rodas permitia agarrar apenas a roda de diâmetro maior, a Z9, e movimentá-la corretamente sem ser necessário uma agarra de grandes dimensões. No entanto, é possível verificar na imagem (a) da Figura 77 que o mecanismo de seleção de base teve de ser agarrado pelas três rodas. Isto ficou a dever-se ao facto dos diâmetros das três rodas serem relativamente próximos, não permitindo agarrar apenas uma ou duas como seria desejável. Note-se ainda que, para este trem, a agarra tem dimensões diferentes, do lado direito e do lado esquerdo, pelo simples facto de que se fosse simétrica, o seu lado esquerdo interferiria com a porca de entalhes e a anilha de segurança, que se encontram naquela zona. Por outro lado, como na engrenagem da esquerda, a roda Z4 possui um diâmetro maior que a Z6, à direita, fica assegurado que mesmo a agarra sendo inferior do lado esquerdo, esta não se solta do trem.

Tal como se vê pela Figura 77, o mecanismo não é apenas constituído pela biela. Possui também um veio que une a biela ao cubo da manivela, local onde se encontra acoplada a manivela, dois pinos elásticos para unir o veio do seletor à biela e ao cubo da manivela, e ainda um prato de seleção. O prato de seleção é uma peça bastante importante, porque é nele que se encontram as cavidades que alojam uma esfera, que permitem selecionar uma velocidade corretamente, como

apresentado na Figura 78.

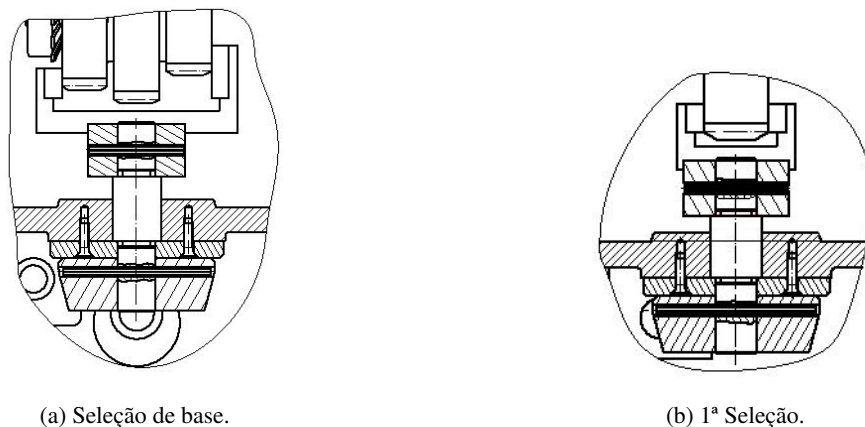


Figura 77: Ligação entre a biela e o trem do mecanismo de:

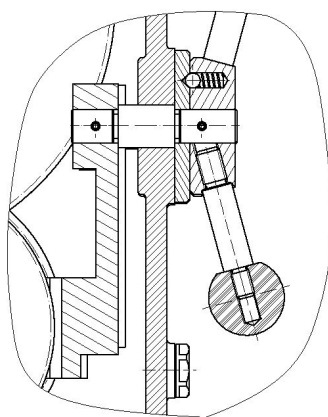


Figura 78: Vista em corte do mecanismo de seleção base.

Assim sendo, torna-se necessário definir as dimensões das bielas para que a distância de translação dos trens corresponda à rotação da manivela. Começou por se estabelecer que o ângulo mínimo de rotação da manivela permitisse um distanciamento, de pelo menos $2mm$, entre as cavidades do prato de seleção. A equação 28 relaciona o ângulo de rotação mínimo, θ com o diâmetro da esfera, d_e e com o do círculo de posicionamento das cavidades no prato de seleção, D_e . A Figura 79, retirada do relatório de António Carneiro traduz, a equação 28.

$$\frac{D_e}{2} \sin \theta \geq \frac{d_e + 2}{2} \quad (28)$$

De seguida foi preciso garantir que a biela tivesse um comprimento tal, capaz de traduzir a rotação θ num percurso linear igual à distância entre as posições de engrenamento dos diversos trens. Para além disso, a biela tinha de ser capaz de deslocar axialmente os trens sem perder o contacto com estes durante o movimento. Isto significava que o deslocamento vertical inerente ao movimento tinha de ser controlado, colocando a biela numa posição diferente da neutra, ou criando o encosto da biela com comprimento suficiente para que não deixasse de existir contacto entre ela e as engrenagens. Uma vez que se conhecia as distâncias entre os pontos de engrenamento,

Δ_x , através da equação 29 obteve-se o comprimento da biela, R. Conhecendo o comprimento da biela, pela equação 30 chegou-se ao valor do deslocamento vertical, Δ_y . Para os dois mecanismos considerou-se que a posição inicial da biela era vertical como se demonstra pela Figura 80 logo, o ângulo θ_0 das equações, aquele que a biela faz com a vertical na posição inicial será nulo.

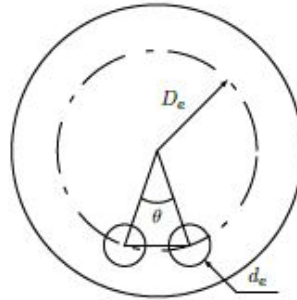


Figura 79: Posicionamento das esferas de seleção sobre o prato de seleção [37].

$$R (\sin (\theta + \theta_0) - \sin \theta_0) = \Delta_x \quad (29)$$

$$R (\cos \theta_0 - \cos (\theta + \theta_0)) = \Delta_y \quad (30)$$

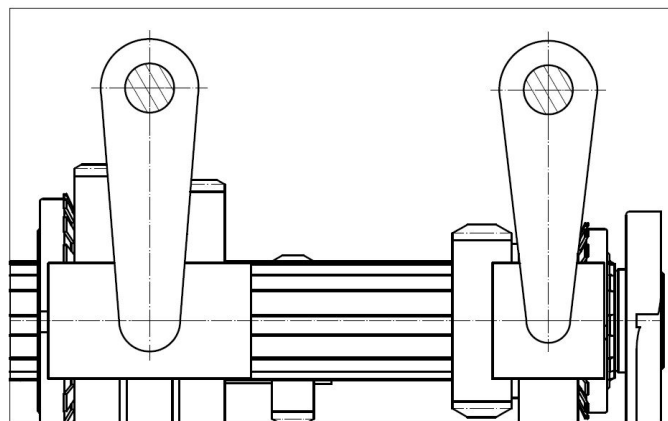


Figura 80: Posição inicial das bielas dos dois mecanismos de seleção, à esquerda o mecanismo de seleção de base, à direita o mecanismo de 1ª seleção.

Tendo estes requisitos em consideração obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 27. Os valores obtidos permitiram manter as duas manivelas praticamente ao mesmo nível no cabeçote, como demonstrado pela Figura 81. Nessa figura também é visível o posicionamento da esfera e os ângulos calculados.

Tabela 27: Resultados do dimensionamento das bielas dos mecanismos de seleção.

Mecanismo	D_e [mm]	d_e [mm]	θ_{min} [°]	θ_0 [°]	Δ_x [mm]	R [mm]	Δ_y [mm]	θ [°]
Seleção de base	60	10	23	0	52	133	6,08	23
1ª Seleção	60	10	23	0	68	132	4,43	31

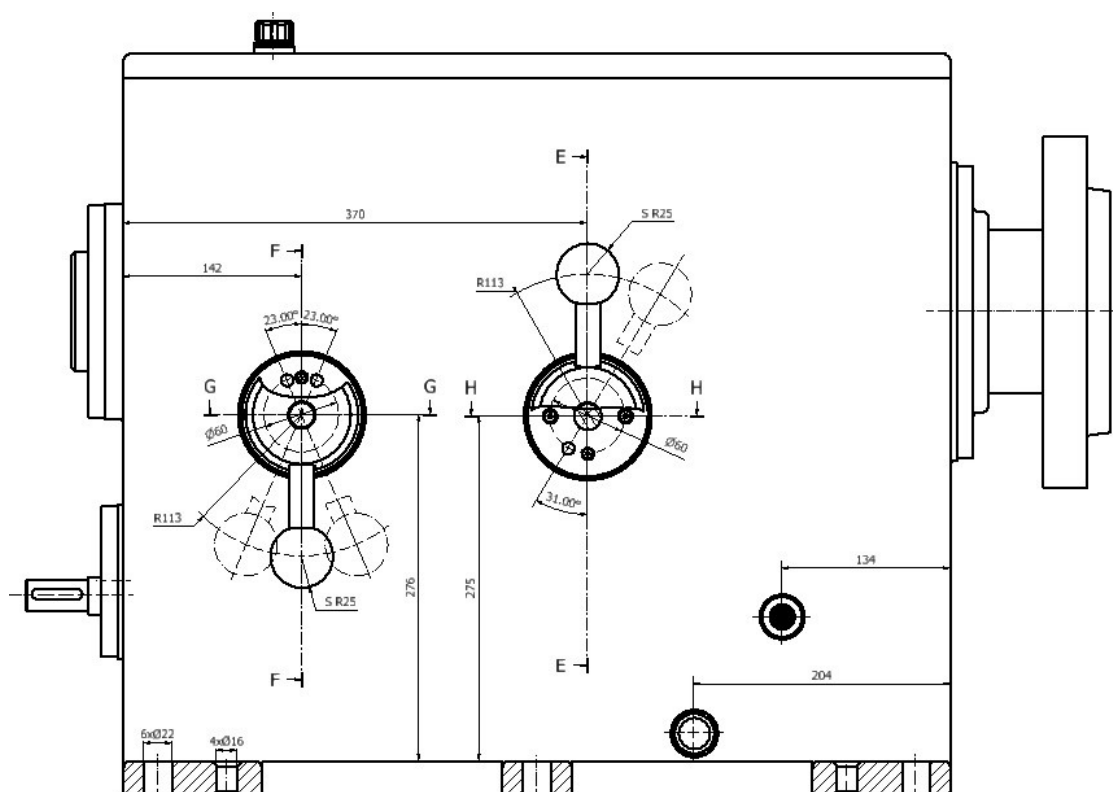


Figura 81: Representação da parte de comando dos mecanismos de seleção.

No que diz respeito ao funcionamento dos mecanismos de seleção, faltava apenas definir a posição das manivelas correspondente à velocidade de rotação da árvore. Por isso, encontra-se na Figura 82 um esquema representativo das posições e respetiva velocidade.

Os componentes dos mecanismos de seleção foram alguns dos que sofreram maiores alterações ao longo da realização desta tese de mestrado, por questões de toleranciamento, razões de fabrico e razões de conflito com outros componentes.

Começando pelas bielas, estas, a par do cubo da manivela, eram, inicialmente, para serem produzidas por fundição, sendo apenas maquinadas as zonas com alguma função específica para as dotar do toleranciamento necessário. Contudo, para que o processo de maquinagem fosse mais abrangente alterou-se o processo de fabrico e o material a ser utilizado. Inicialmente, estas peças seriam em ferro fundido cinzento mas, passando a ser obtidas por maquinagem, era preferível

serem realizadas em aço. Por esta razão, estas peças e os restantes componentes dos mecanismos de seleção, nomeadamente, o veio seletor, o prato de seleção e a manivela seriam fabricadas no aço F10 da RAMADA Aços®.

Para fabricar as bielas por maquinagem, alterou-se a forma que estas apresentavam, inicialmente, na zona da agarra, porque a forma inicial era impossível de ser obtida por maquinagem. Optou-se pela solução apresentada que permite obter a peça de forma mais simples, numa fresadora. Note-se que não é o aço da biela que encosta nas rodas. Foram colados uns postigos em POM (Polioximetileno) para que por um lado, o desgaste das rodas seja menor e por outro, porque se torna mais fácil a manutenção da biela, (não sendo necessário trocá-la periodicamente, apenas por desgaste da zona de encosto, sendo mais simples trocar os postigos). Escolheu-se este material para os postigos por ser um material apropriado para rodas dentadas e casquilhos de rolamentos, devido às suas boas propriedades mecânicas: a elevada resistência, rigidez e estabilidade dimensional, a baixa sensibilidade à fissuração sob tensão e por apresentar uma temperatura máxima de serviço entre 90°C e 100°C. Como se pretendia que o cabeçote não ultrapassasse os 80°C durante o serviço, este material é uma boa opção porque não será, negativamente, afetado pela temperatura.

Os veios dos seletores, que apenas diferem nos comprimentos, também sofreram algumas alterações para poderem ser produzidos num torno HAAS. O veio do seletor do mecanismo de seleção de base foi o componente escolhido para ser fabricado numa máquina HAAS, tendo sido necessário alterar o tipo de pinos escolhidos. Inicialmente, escolheram-se pinos cónicos para a ligação entre o cubo da manivela e o veio do seletor e entre a biela e o veio do seletor, por promoverem um posicionamento mais eficiente e uma maior interferência na ligação das duas peças. Contudo, para abrir o furo cónico, seria necessário furar as duas peças em simultâneo, para permitir um melhor alinhamento do furo e posteriormente acabar o furo com um mandril cónico [38]. Como a empresa não possuía, à data da realização desta dissertação, ferramentas para poder efetuar a abertura deste furo, com o toleranciamento desejado, e as ligações não estavam sujeitas a esforços importantes, (a mudança de velocidade é sempre realizada com o cabeçote parado) optou-se por substituir os pinos cónicos por elásticos, que são suficientes para a realização da função a eles destinada. Desta forma, como o ajustamento entre o pino e veio passou de um P6/m6 para um H12/m6, a abertura destes furos podia ser realizada apenas com uma broca (esta ferramenta permite obter diretamente a tolerância H12 desejada para o furo no veio)[38, 53]. Também não detinham um ferro de ranhurar de 2mm por isso, as ranhuras do veio do seletor que apenas servem para facilitar o encosto entre os vários componentes foram aumentadas para 3mm. Como ajustamento entre o veio e os três outros componentes em contacto, isto é, a biela, o cárter e o cubo da manivela, utilizou-se um deslizante justo, H7/h6, que permite uma montagem manual, mas de forma a que ao mesmo tempo que não permite que o óleo se perca, permite a lubrificação das zonas em contacto com movimento relativo [38].

Um outro elemento, cujo fabrico é importante, é o prato de seleção. Este componente é responsável não só por permitir que a mudança de velocidade seja realizada (sem degaste massivo do cárter e do cubo da manivela) como também por fazer a vedação do lubrificante contra a castanha do cárter. Por estas razões, torna-se importante definir um toleranciamento cuidado de paralelismo e retitude das faces de encosto do prato de seleção, para além de uma rugosidade que permita a vedação eficaz do lubrificante. O manual de apontamentos teórico-práticos de Desenho e Construção Mecânica, [38], sugere que a rugosidade do componente numa situação destas de vedação é de 0,1µm, o que implica que a superfície tenha de ser retificada.

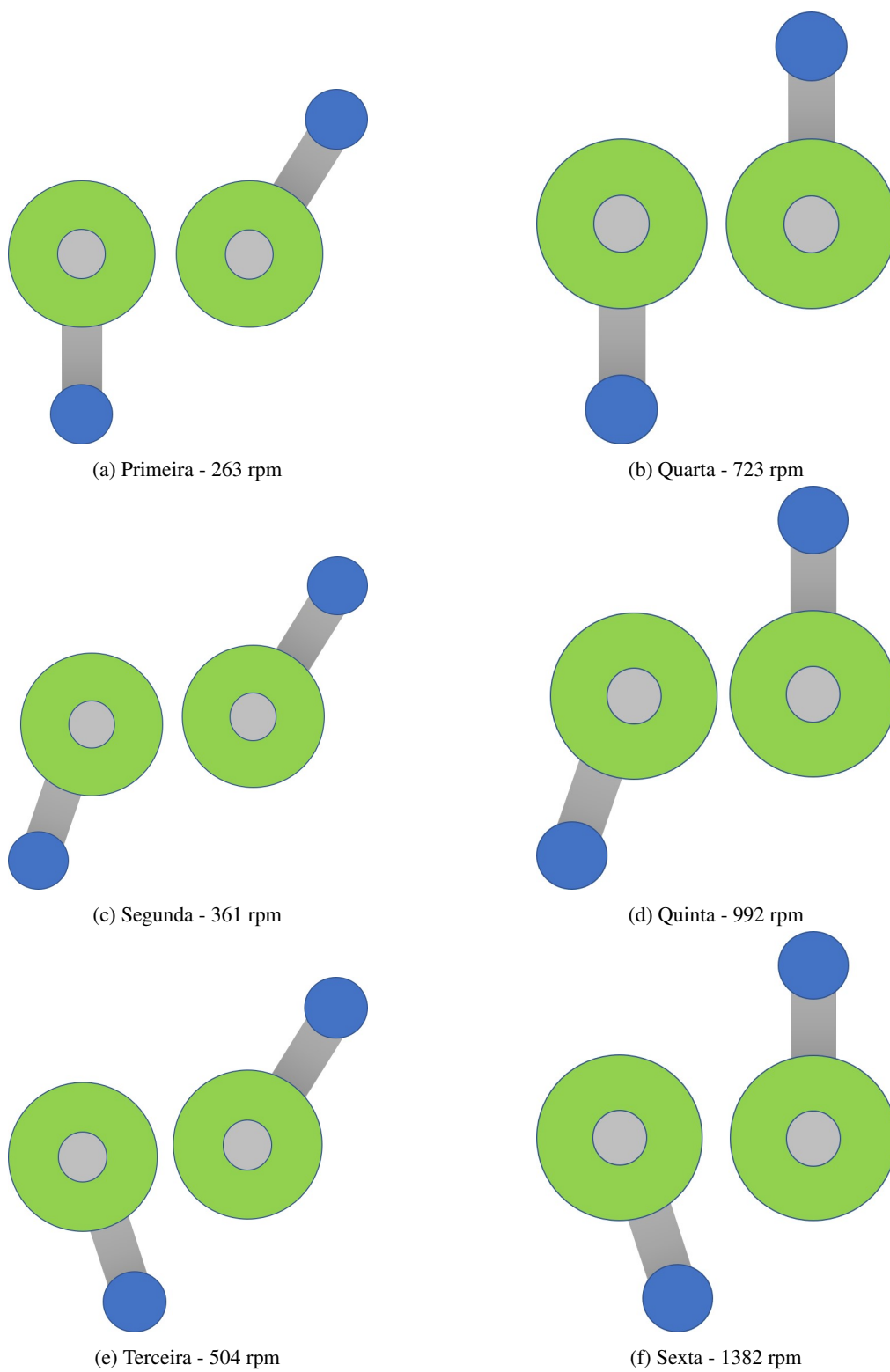


Figura 82: Esquema da posição das manivelas para a velocidade:

4.6.4 Rolamentos

Uma vez que se seleccionaram rolamentos da SKF® é prudente seguir-se as indicações do fabricante relativamente aos toleranciamentos e ajustamentos a definir para os seus veios e para os alojamentos.

Para uma escolha correta dos ajustamentos é necessário definir primeiro as condições de rotação e de carga dos rolamentos. Na Figura 83, retirada do catálogo da SKF® [46] são apresentadas as condições de operação possíveis de forma a perceber-se quais os ajustamentos recomendados pela mesma.

Uma vez que todos os rolamentos do cabeçote têm o anel interno rotativo, o externo estacionário, e portanto, carga rotativa no anel interno e carga estática no anel externo, conclui-se que se está perante a primeira situação apresentada na Figura 83. Assim sendo, pretende-se que exista um ajustamento de interferência no anel interno e um ajustamento deslizante no externo.

Condições de rotação e de carga				
Condições operacionais	Ilustração esquemática	Condição de carga	Exemplo	Ajustes recomendados
Anel interno rotativo Anel externo estacionário Direção de carga constante		Carga rotativa no anel interno Carga estacionária no anel externo	Eixos acionados por correia	Ajuste interferente do anel interno Ajuste com folga para anel externo possível
Anel interno estacionário Anel externo rotativo Direção de carga constante		Carga estacionária no anel interno Carga rotativa no anel externo	Polias de esteira transportadora Rolamentos do cubo da roda do carro	Ajuste com folga para anel interno possível Ajuste interferente do anel externo
Anel interno rotativo Anel externo estacionário A carga gira com o anel interno		Carga estacionária no anel interno Carga rotativa no anel externo	Para aplicações vibratórias Peneiras vibratórias ou motores	Ajuste interferente do anel externo Ajuste com folga para anel interno possível
Anel interno estacionário Anel externo rotativo A carga gira com o anel externo		Carga rotativa no anel interno Carga estacionária no anel externo	Britador giratório (Acionadores em carrossel)	Ajuste interferente do anel interno Ajuste com folga para anel externo possível

Figura 83: Tabela de condições de rotação e carga para rolamentos da SKF® [46].

O ajustamento indicado pela SKF®, para o veio, depende também da carga no anel interno, mais precisamente da relação entre a carga dinâmica equivalente aplicada no rolamento, P , e a capacidade de carga dinâmica do mesmo, C .

Para os rolamentos dos veios de entrada e intermédio, a escolha do ajustamento é imediata, isto é, calcula-se a relação P/C e consulta-se a Tabela 28, adaptada do catálogo da SKF®, onde se encontram os ajustamentos indicados em função da carga para rolamentos rígidos de esferas e para rolamentos de rolos cônicos. Contudo, para os rolamentos da árvore, a escolha do ajustamento não é direta pelo facto deste veio ser oco e, normalmente, requerer ajustamentos com maior interferência

para estes casos. Assim sendo, para veios ocos a SKF® segue o seguinte procedimento:

1. escolher o ajustamento a partir da relação de carga P/C considerando o veio como maciço;
2. calcular as relações de diâmetro c_i e c_e através das equações 31 e 32, respetivamente;

$$c_i = \frac{d_i}{d} \quad (31)$$

$$c_e = \frac{d}{d_e} \quad (32)$$

Onde: c_i é a relação de diâmetro do eixo oco;

c_e é a relação de diâmetro do anel interno;

d é o diâmetro externo do eixo oco, diâmetro do furo do rolamento, [mm];

d_i é o diâmetro interno do eixo oco, [mm];

d_e é a média do diâmetro externo do anel interno, [mm].

Uma vez que não se conhece o valor de d_e utiliza-se a equação 33 para o cálculo de c_e .

$$c_e = \frac{d}{k(D - d) + d} \quad (33)$$

Onde: D é o diâmetro externo do rolamento, [mm];

k é um fator para o tipo de rolamento: $k = 0,25$ para rolamentos autocompensadores de esferas das séries 22 e 23 e para os rolamentos de rolos cilíndricos e $k = 0,3$ para todos os outros rolamentos.

3. retirar o valor da relação entre a interferência média provável para um veio oco, Δ_H , e a interferência média provável do rolamento para um maciço, Δ_S , a partir do gráfico da Figura 84;
4. consultar a tabela 7 do catálogo da SKF® e calcular o valor da interferência média provável para o ajustamento obtido para o veio maciço. A interferência média provável é o valor médio da máxima e mínima interferência provável;
5. calcular o valor da interferência média provável para o veio oco, Δ_S ;
6. consultar a tabela 7 do catálogo da SKF® e verificar qual o ajustamento que possui uma interferência média provável, igual ou aproximada do valor Δ_S calculado.

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

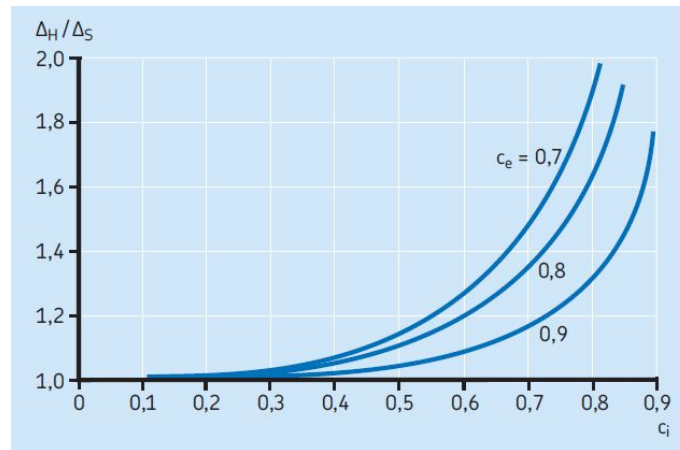


Figura 84: Relação entre a interferência Δ_H necessária para um veio oco e a interferência Δ_S para um veio maciço com o mesmo diâmetro externo.

Tabela 28: Classe de tolerância recomendada pela SKF® em função da carga e do tipo de rolamento (Adaptado de [46]).

Carga do anel interno rotativo ou direção da carga indeterminada	Diâmetro do eixo [mm]		Classe de Tolerância
	Rolamentos de esferas	Rolamentos de rolos cónicos	
Cargas leves e variáveis ($P \leq 0,05 C$)	≤ 17	-	js5
	>17 a 100	≤ 25	j6
	>100 a 140	>25 a 60	k6
	-	>60 a 140	m6
Cargas normais a pesadas ($P > 0,05 C$)	≤ 10	-	js5
	>10 a 17	-	j5
	>17 a 100	-	k5
	-	≤ 40	k6
	>100 a 140	-	m5
	>140 a 200	>40 a 65	m6
	-	-	n5
	>200 a 500	>65 a 200	n6
	-	>200 a 360	p6
	>500	-	p7
	-	>360 a 500	r6
	-	>500	r7
Cargas pesadas a muito pesadas e cargas de choque em condições operacionais difíceis ($P > 0,1 C$)	-	-	n5
	-	>50 a 110	n6
	-	>110 a 200	p6
	-	>200 a 500	r6
	-	-	s6
Altos requisitos de precisão de giro com cargas leves ($P \leq 0,05 C$)	-	>500	s7
	8 a 240	-	js4
	-	25 a 40	js4
	-	>40 a 140	k4
	-	>140 a 200	m5

As Tabelas 29 e 30 indicam os ajustamentos fornecidos pela SKF® para os rolamentos dos veios de entrada e intermédio. A Tabela 31 ilustra os ajustamentos para os rolamentos localizados na árvore do cabeçote, considerando-a um veio maciço. Na Tabela 32 encontram-se os cálculos realizados para a definição do ajustamento a utilizar para o veio oco, com a devida indicação do mesmo. Nas Tabelas 10, 11 e 12 podem ser consultados os valores das variáveis P e C.

Tabela 29: Resultados dos ajustamentos a utilizar para o veio de entrada.

Rolamento SKF® 6006 $\phi = 30mm$			
Situação de serviço	Rolamento	P/C	Ajustamento indicado SKF®
Trem 1	A	0,05	j6
Horário	B	0,05	j6
Trem 1	A	0,05	j6
Anti-horário	B	0,05	j6
Trem 2	A	0,06	k5
Horário	B	0,01	j6
Trem 2	A	0,06	k5
Anti-horário	B	0,02	j6
Trem 3	A	0,01	j6
Horário	B	0,05	j6
Trem 3	A	0,01	j6
Anti-horário	B	0,05	j6

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 30: Resultados dos ajustamentos a utilizar para o veio de entrada.

Rolamento SKF® 16011 $\phi = 55mm$			
Situação de serviço	Rolamento	P/C	Ajustamento indicado SKF®
Trem 1 e Trem 4	A	0,03	j6
Horário	B	0,07	k5
Trem 1 e Trem 4	A	0,09	k5
Anti-horário	B	0,09	k5
Trem 2 e Trem 4	A	0,03	j6
Horário	B	0,05	j6
Trem 2 e Trem 4	A	0,08	k5
Anti-horário	B	0,06	k5
Trem 3 e Trem 4	A	0,02	j6
Horário	B	0,03	j6
Trem 3 e trem 4	A	0,04	j6
Anti-horário	B	0,06	k5
Trem 1 e trem 5	A	0,03	j6
Horário	B	0,05	j6
Trem 1 e Trem 5	A	0,06	k5
Anti-horário	B	0,07	k5
Trem 2 e trem 5	A	0,03	j6
Horário	B	0,04	j6
Trem 2 e trem 5	A	0,06	k5
Anti-horário	B	0,05	j6
Trem 3 e trem 5	A	0,01	j6
Horário	B	0,02	j6
Trem 3 e trem 5	A	0,03	j6
Anti-horário	B	0,05	j6

Tabela 31: Resultados dos ajustamentos a utilizar para a árvore caso fosse um veio maciço.

A - Rolamento SKF® 61819 $\phi = 95mm$			
B e C - Rolamento SKF® 32222 J2 $\phi = 110mm$			
Situação de serviço	Rolamento	P/C	Ajustamento indicado SKF®
Trem 1 e Trem 4 Horário	A	0,03	j6
	B	0,06	n6
	C	0,20	n6
Trem 1 e Trem 4 Anti-horário	A	0,03	j6
	B	0,06	n6
	C	0,20	n6
Trem 2 e trem 4 Horário	A	0,02	j6
	B	0,04	m6
	C	0,14	n6
Trem 2 e Trem 4 Anti-horário	A	0,02	j6
	B	0,04	m6
	C	0,14	n6
Trem 3 e Trem 4 Horário	A	0,01	j6
	B	0,03	m6
	C	0,09	n6
Trem 3 e trem 4 Anti-horário	A	0,01	j6
	B	0,03	m6
	C	0,09	n6
Trem 1 e trem 5 Horário	A	0,01	j6
	B	0,02	m6
	C	0,06	n6
Trem 1 e Trem 5 Anti-horário	A	0	k5
	B	0,02	m6
	C	0,06	n6
Trem 2 e trem 5 Horário	A	-	-
	B	0,02	m6
	C	0,04	m6
Trem 2 e trem 5 Anti-horário	A	-	-
	B	0,02	m6
	C	0,04	m6
Trem 3 e trem 5 Horário	A	0	j6
	B	0,02	m6
	C	0,03	m6
Trem 3 e trem 5 Anti-horário	A	0	j6
	B	0,02	m6
	C	0,03	m6

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 32: Cálculos relativos aos ajustamentos para veio oco.

Rolamento de rígido de esferas		
c_i	$= \frac{71,5}{95}$	$= 0,75$
c_e	$= \frac{95}{0,3(120 - 95) + 95}$	$= 0,93$
Δ_H/Δ_S	$= 1,25$	
Ajustamento maciço: j6		
Δ_S	$= (-27 + 3)/2$	$= 12$
Δ_H	$= 15$	k4
Rolamentos cónicos		
c_i	$= \frac{71,5}{110}$	$= 0,65$
c_e	$= \frac{110}{0,3(200 - 110) + 110}$	$= 0,80$
Δ_H/Δ_S	$= 1,25$	
Ajustamento maciço: m6		
Δ_S	$= (49 + 19)/2$	$= 34$
Δ_H	$= 42,5$	n6
Ajustamento maciço: n6		
Δ_S	$= (59 + 29)/2$	$= 44$
Δ_H	$= 55$	p6

Relativamente aos veios de entrada e intermédio optou-se por utilizar um ajustamento j6. Por um lado, porque é o indicado para a maioria das situações de operação do cabeçote, e por outro porque, um j6 é mais flexível que um k5. O ajustamento j6 é mais equilibrado, isto é, não possui limites muito apertados, nem muito largos o que torna simples a sua obtenção por maquinagem.

No que diz respeito à árvore do cabeçote, para o rolamento de esferas, o cálculo para veio oco conduz a um ajustamento k4. Efetivamente, necessitando o veio oco de um ajustamento com maior interferência, considerou-se o k4 o adequado. No entanto, relativamente aos rolamentos de rolos cónicos, existe praticamente o mesmo número de situações de operação em que o ajustamento indicado para o veio maciço era o m6 ou o n6. Por essa razão, na Tabela 32 são apresentados os cálculos para os dois casos, isto é, considerar que no veio maciço precisaríamos de um ajustamento m6 ou de um ajustamento n6. Os cálculos, considerando um m6, conduziram a um ajustamento n6 para o veio oco, e os cálculos considerando um n6, conduziram a um ajustamento p6. De facto, a interferência média provável do ajustamento n6 já é elevada, fazendo com que este seja já

fortemente preso. Para além disso, um ajustamento p6 apresenta uma interferência média provável muito elevada podendo tornar a ligação de tal forma apertada que não se conseguiriam desmontar os rolamentos. Por estas razões optou-se por um ajustamento n6 para a zona dos rolamentos cónicos.

Relativamente à rugosidade dos locais de encosto e assento dos rolamentos, a SKF® também indica valores recomendados em função do diâmetro do assento em questão e do grau de tolerância do mesmo diâmetro, como apresentado na tabela da Figura 85. Assim, definiu-se que para o veio de entrada e intermédio, cujo diâmetro possui tolerância IT6, a rugosidade média dos assentos deve ser de $0,8\mu m$ e que para a árvore cujo diâmetro também possui o mesmo grau de tolerância, a rugosidade média do assento deve ser de $1,6\mu m$. Uma vez que os alojamentos dos rolamentos no cárter possuem um grau de tolerância IT7, estes deverão apresentar uma rugosidade de $1,6\mu m$.

Rugosidade superficial de assentos de rolamentos				
Diâmetro do assento		Valor de R_a recomendado para ajustes retificados		
d (D) ¹⁾		Grau de tolerância do diâmetro		
sobre	incl.	IT7	IT6	IT5
mm		μm		
-	80	1,6	0,8	0,4
80	500	1,6	1,6	0,8
500	1 250	3,2 ²⁾	1,6	1,6

Figura 85: Tabela de valores indicativos da rugosidade das superfícies de assento dos rolamentos segundo a SKF® [46].

4.6.5 Powerlocks

Na ficha técnica das powerlocks utilizadas, que se encontra no Anexo J, é possível verificar quais os desvios admissíveis em polegadas, quer para o veio, quer para o alojamento da powerlock que, neste caso, são os cubos das engrenagens Z8 e Z10.

Assim, estabeleceu-se que a árvore na zona de acoplamento das powerlocks e as rodas dentadas deviam possuir as tolerâncias apresentadas na Tabela 33. Nessa mesma tabela são também apresentados os ajustamentos mais próximos para se poder comparar os mesmos com os das restantes zonas do veio.

Tabela 33: Ajustamentos recomendados para os componentes em contacto com a powerlock.

	Diâmetro [mm]	Desvios Powerlock [mm]		Ajustamento aprox.	Desvios ajustamento [mm]	
		Superior	Inferior		Superior	Inferior
Árvore	100	0	-0,05	h8	0	-0,054
Cubo das rodas	145	+0,06	0	H8	+0,063	0

4.6.6 Rodas dentadas

Como já foi mencionado, a definição das rodas dentadas foi obtida a partir do programa KISSsoft®. Aquando da introdução dos dados no software foi necessário escolher o grau de qualidade segundo as normas DIN 3961 e ISO 1328, que dependem diretamente do processo de fabrico utilizado para a produção das rodas dentadas. A escolha recaiu no grau de qualidade 6 por ser um dos graus indicados pelas normas DIN e ISO para o fabrico de componentes de máquinas-ferramenta. Estas normas indicam que, engrenagens de qualidade superior a 7, o que significa, números inferiores a 7, devem ser retificadas, mesmo que tenham sido obtidas por geração por caracol ou *shaving* [22].

Relativamente à rugosidade das engrenagens o KISSsoft® atribuiu uma rugosidade aos flancos de $0,6\mu m$, o que comprova a necessidade de retificar as engrenagens, caso se tenha utilizado uma maquinagem corrente que não atinge este grau de qualidade. Para as restantes zonas das rodas admitiu-se uma rugosidade de $1,6\mu m$, ou seja a rugosidade geral.

Ainda que possa ser necessário retificar as engrenagens, definiu-se que o dentado seria obtido por fresa-mãe ou fresa caracol devido à relação qualidade / custo / tempo que o processo fornece. As vantagens da escolha deste processo encontram-se na secção 2.4 Maquinagem de engrenagens da presente dissertação.

As rodas dentadas foram definidas considerando o valor de *tip relief* que o KISSsoft® indicou, realizando ainda um chanfro lateral para facilitar o engrenamento das rodas que pode ser produzido durante a retificação.

Pretendendo-se que, num engrenamento, não existam desvios de tal forma elevados que impeçam o correto funcionamento da engrenagem, indicaram-se: uma tolerância de perpendicularidade das faces extremas em relação ao eixo da roda, juntamente com uma de batimento cujo valor se considerou igual ao valor indicado para o batimento de um anel elástico, e um paralelismo entre as faces que determinam a largura da roda.

Para as rodas Z3 e Z5, ainda não foi mencionado o ajustamento selecionado. Uma vez que a zona do veio onde serão inseridas as rodas possui um ajustamento j6 determinado pelos rolamentos, (de forma a permitir um ajustamento ligeiramente preso entre as rodas e o veio) determinou-se uma tolerância H7 para o furo da roda.

4.6.7 Casquilhos

Os casquilhos utilizados são peças bastante simples quer a nível de fabrico, quer de definição no projeto. No total são necessários 3 casquilhos diferentes, dois para separar os rolamentos das rodas Z3 e Z5 no veio de entrada e um de grandes dimensões para colocar os rolamentos de rolos cónicos, separados à distância necessária para o seu correto funcionamento.

Uma vez que os casquilhos vão entrar em contacto com componentes dos dois lados, convém que estes também tenham as duas faces perpendiculares ao eixo e seja considerada também uma tolerância de batimento. Assim sendo, consideraram-se os mesmos valores de ambas as tolerâncias que se havia obtido para as engrenagens do mesmo veio.

Como ajustamentos, e uma vez que o veio de entrada possui um j6 na zona dos casquilhos, definiu-se um G6 para o furo dos casquilhos para obter-se um ajustamento incerto com pequena interferência e alguma folga. Para o casquilho da árvore considerou-se um ajustamento h7 por

forma a conseguir-se um ajustamento deslizante justo, já que o cárter possui um ajustamento H7. Isto permite movimentar melhor o casquilho, durante a montagem da árvore, já em contacto com o cárter.

Como material para os casquilhos escolheu-se o aço ST-52 da RAMADA Aços®, o aço DIN St 52-3 U, cuja ficha técnica se encontra no Anexo L.

4.6.8 Tampas

É muito importante fazer um bom toleranciamento das tampas pois estas possuem diversas funções. Podem ter de fazer de batente a rolamentos, alojar vedantes e fazerem elas próprias a vedação sobre a castanha do cárter para além de permitirem a sua montagem e desmontagem de forma fácil, simples e rápida.

Assim sendo, para a tampa superior do cabeçote houve maior cuidado relativamente à vedação, tendo-se considerado uma rugosidade de $0,1\mu m$ na zona de encosto ao corpo do cabeçote.

Para todas as outras tampas do cabeçote, definiu-se uma rugosidade $0,1\mu m$ na face de encosto à castanha e na zona de guiamento com o cárter a mesma rugosidade que o cárter possui, determinada pelos rolamentos. Por estas razões as tampas necessitam de ser retificadas na zona de encosto às castanhas do cárter.

As tampas devem possuir um ajustamento deslizante justo, em conjunto com o cárter para assegurar o guiamento e a estanquidade. Sendo que os furos do cárter possuem um ajustamento H7 devido aos rolamentos, as tampas têm de ter um ajustamento h6.

Uma vez que a centragem da tampa é muito importante há que garantir a perpendicularidade entre a face de encosto da tampa e o eixo do furo, o paralelismo entre as várias faces da tampa, e que a tolerância de localização do furo das tampas seja igual à de localização dos furos no cárter, em relação ao eixo do furo.

Relativamente ao material das tampas, manteve-se a escolha feita por António Carneiro, isto é, ferro fundido cinzento FC-150, DIN EN-GJL-150, para todas as tampas à exceção da tampa frontal da árvore, para a qual se escolheu o ferro fundido cinzento FC-250, DIN EN-GJL-250, por causa desta estar sujeita a um esforço axial devido às forças de corte.

4.6.9 Cárter

O cárter também será produzido por fundição e posteriormente maquinado, nas zonas necessárias.

A estrutura do cárter torna-se um pouco complexa, na zona dos rolamentos cónicos, devido ao facto do comprimento da manga de apoio dos rolamentos ser considerável e por isso, ser necessário colocar algumas nervuras em torno da mesma, Figura 86. Uma das razões pelas quais se pretende realizar o cárter por fundição, é a complexidade das formas que ele possui.

O cárter apresenta uma rugosidade de fundição, de aproximadamente $25\mu m$. No entanto, no desenho de definição deste componente a rugosidade geral indica $1,6\mu m$ isto porque se considerou esse valor de rugosidade como sendo o valor geral para as superfícies maquinadas, que não possuem um requisito mais apertado de rugosidade.

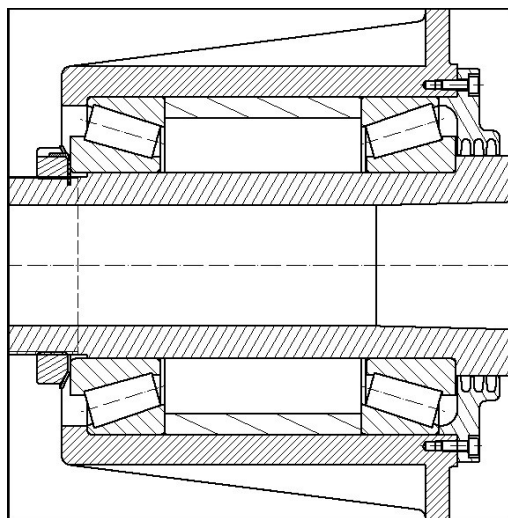


Figura 86: Manga de apoio dos rolamentos de rolos cónicos com nervuras.

Contudo, nas zonas em que se pretende ter vedação apenas com o encosto dos componentes, a rugosidade terá de ser de $0,1\mu m$, pelo que há necessidade de retificar ou polir, também, este componente.

O cárter possui dois septos interiores para alojar os rolamentos dos veios de entrada e intermédio, apresentados nas Figuras 87a e 87b. É muito importante que os furos dos septos cumpram uma tolerância de coaxialidade apertada, para que o veio não se posicione desviado do eixo. Caso este tipo de problema aconteça, os engrenamentos podem não funcionar. É também, muito importante, garantir as tolerâncias de localização de todos os furos que o cárter detém, para que não haja desalinhamentos graves.

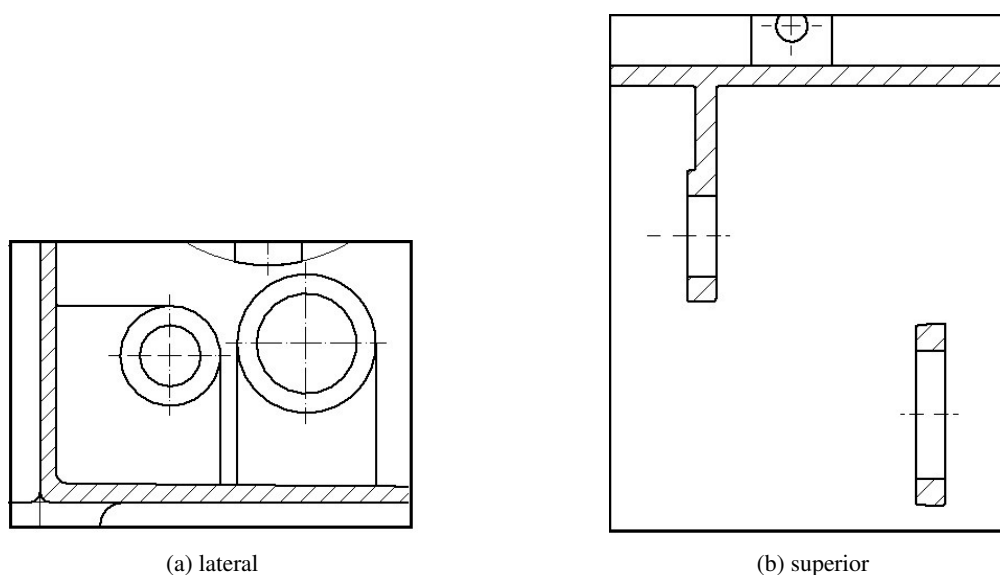


Figura 87: Vistas dos septos interiores para alojamento dos rolamentos:

As castanhas exteriores foram, inicialmente, todas dimensionadas numa espessura de $5mm$. No entanto, já foi referido na secção 4.6.1 Vedação, que uma tampa da árvore do cabeçote foi removida

uma vez que não tinha nenhuma função. Assim, para se remover essa tampa foi necessário aumentar a castanha nesse local para 15mm , para que a tampa que contém o vedante pudesse encaixar devidamente no cárter.

Repare-se na Figura 87a. Consegue-se visualizar um ligeiro desnível do fundo do cárter no sentido do bujão de saída do óleo. Foram considerados $0,5^\circ$ de inclinação do fundo cárter para permitir um esvaziamento mais eficiente do cárter.

4.6.10 Outros componentes

O toleranciamento das chavetas, dos estriados, dos anéis elásticos e dos parafusos, bem como dos locais do respetivo alojamento, foram definidos segundo as indicações das referências [38] e [53].

Chama-se a atenção para o facto de, em alguns casos, como o das chavetas se ter considerado uma rugosidade inferior à indicada, na literatura, devido ao facto das máquinas-ferramenta utilizadas permitirem acabamentos melhores do que aqueles nela mencionados.

Também se tomou uma posição semelhante em relação ao veio estriado e aos cubos das rodas estriados. Uma vez que o toleranciamento sugerido pela literatura apresentava uma qualidade baixa, optou-se por adotar as tolerâncias dimensionais gerais para estes componentes.

Os veios não foram tratados de forma independente à semelhança dos outros componentes, porque o toleranciamento e as rugosidades que qualquer um deve apresentar, nas suas diferentes zonas de contacto com outros componentes, ficaram definidos no momento em que se tratou cada componente de forma independente. Será importante mencionar que para as tolerâncias de batimento axial e perpendicularidade nas zonas de encosto das rodas Z3, Z5 e Z10 foram atribuídos valores iguais aos indicados pelas referências [38] e [53] para os anéis elásticos desse veio. Por sua vez, as tolerâncias de batimento axial e perpendicularidade nos encostos dos rolamentos foram indicados pela SKF® em função da classe de tolerância dos rolamentos que se considerou PO, classe normal, ou P6 que são classes de uso geral [53].

4.7 Sequência de montagem e desmontagem

Nesta secção do presente capítulo descreve-se a sequência de montagem e desmontagem que se considerou ser a mais simples e prática, tendo em conta a disposição dos diferentes componentes. **Nota:** Ao longo do texto é indicado, entre parênteses, o número correspondente ao componente em questão na lista de peças. Para os rolamentos indica-se também a letra que o identifica nos cálculos. Considerou-se durante todo o projeto que o lado direito do cabeçote é o lado onde se encontra o nariz da árvore e o esquerdo é o de entrada de potência no cabeçote, quando se tem de frente as manivelas dos mecanismos de seleção, como apresentado na Figura 81 da secção 4.6.3 Mecanismos de seleção.

4.7.1 Sequência de montagem

De forma a ser mais prático mover as engrenagens de maneira a que, ao inserir os veios não haja choques entre elas, é necessário montar primeiro o veio intermédio, em seguida os dois mecanismos de seleção, em terceiro lugar montar o veio de entrada e finalmente, a árvore do cabeçote e os

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

restantes acessórios. Esta sequência faz-se acompanhar dos desenhos de montagem que, também se encontram em anexo.

Montagem do veio intermédio

A montagem do veio intermédio inicia-se fora do cabeçote com o acoplamento da maioria dos componentes do veio.

1. Montagem do trem móvel do mecanismo de seleção de base:

- (a) inserir a roda Z6 (26) num suporte através do estriado, com o escatel da chaveta virado para cima;
- (b) inserir a chaveta do conjunto (27) no escatel da roda Z6 (26);
- (c) introduzir a roda Z2 (28) no cubo da roda Z6 (26) até encostar à face lateral da mesma;
- (d) introduzir a roda Z4 (29) no cubo da roda Z6 (26) até encostar à face lateral da roda Z2;
- (e) introduzir a anilha (8) e a porca de entalhes (7), Figura 88 consecutivamente, apertando até tudo encostar entre si;

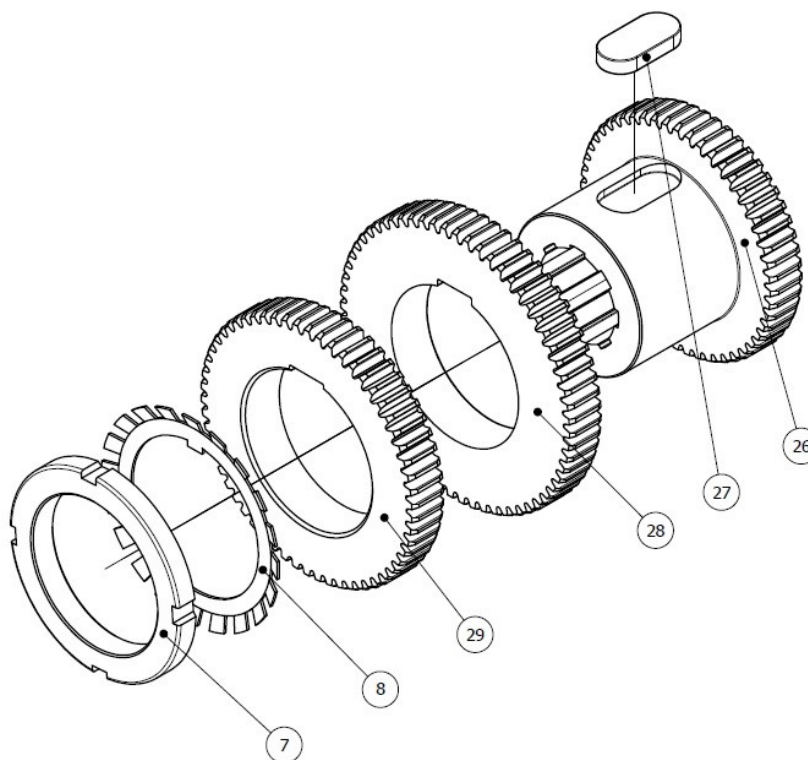


Figura 88: Esquema de montagem do trem móvel do mecanismo de seleção de base.

2. Montagem do trem móvel do mecanismo de 1ª seleção:

- (a) inserir a roda Z7 (15) num suporte através do estriado;
- (b) dilatar o furo da roda Z9 (14) por aquecimento e inserir a mesma no cubo da roda Z7 (15);

- (c) quando o conjunto já se encontrar à temperatura ambiente, inserir a anilha (13) e a porca de entalhes (12);

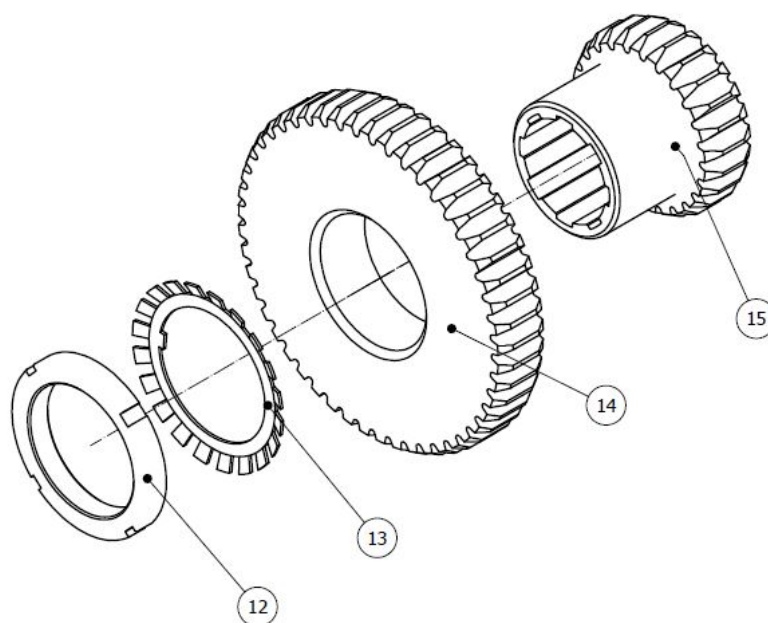


Figura 89: Esquema de montagem do trem móvel do mecanismo de 1ª seleção.

3. Apoiar o veio intermédio (16) num suporte para que este se distancie da mesa de trabalho para se poder inserir os trens móveis;
4. Inserir pelo lado esquerdo do veio o trem móvel do mecanismo de seleção de base (conjunto 1);
5. Inserir pelo lado direito o trem móvel do mecanismo de 1ª seleção (conjunto 2);
6. Inserir o rolamento da direita, B (35), e o respetivo anel elástico (34), no veio;
7. Inserir o anel elástico do furo (36) na ranhura do cárter (56);
8. Pela parte superior do cabeçote introduzir o conjunto do veio intermédio tendo cuidado para que nenhum dos trens móveis colida com o septo de apoio do veio de entrada, apoiando o rolamento da direita, B (35) no respetivo septo;
9. Inserir o rolamento da esquerda, A (35), e o respetivo anel elástico (34), no veio;
10. Empurrar o veio intermédio (16) para a direita até o rolamento da esquerda, A (35), encostar no anel elástico para furo (36);
11. Colocar a tampa (25) e aparafusá-la (23), para que esta encoste ao rolamento da esquerda, A (35), e o pressione contra o anel elástico do furo (36).

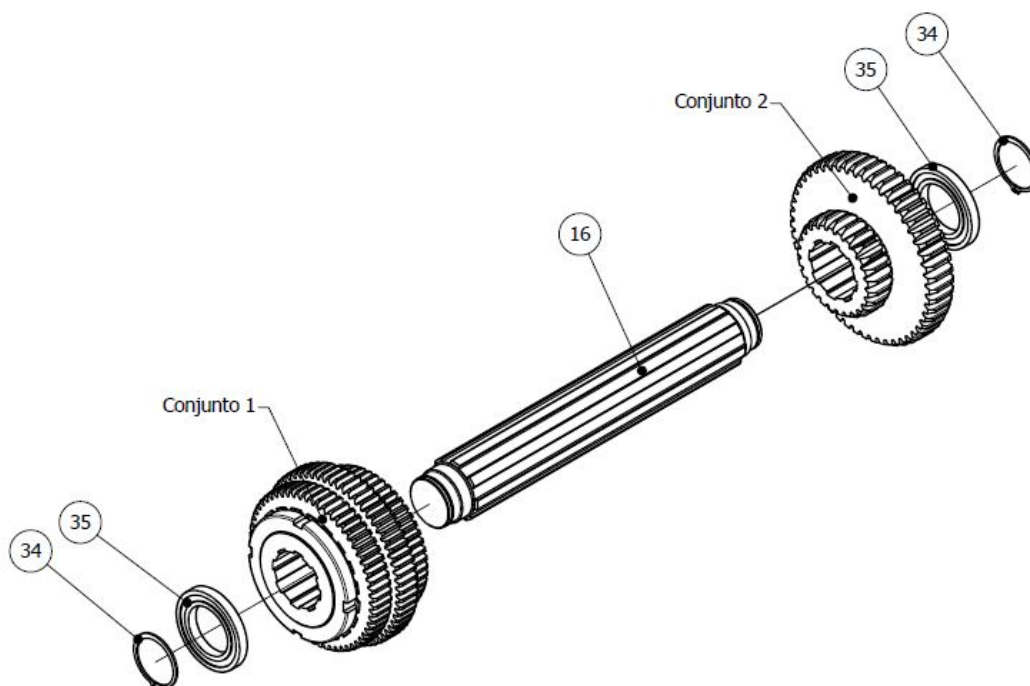


Figura 90: Esquema de montagem do veio intermédio.

Montagem do mecanismo de seleção de base

1. Introduzir o veio do seletor (48) no furo do cárter (56), de fora para dentro;
2. Introduzir a biela (43) pela parte superior do cárter abrangendo as três engrenagens do trem móvel do mecanismo de seleção de base (conjunto 1), com os postigos de encosto já colados;
3. Posicionar o veio do seletor, corretamente, em relação ao furo do pino da biela (43) e introduzir o pino elástico (50);
4. No lado exterior do cabeçote colocar o prato de seleção (46) e aparafusar os parafusos (60) para fixar o prato ao cárter (56);
5. Montar o cubo da manivela (47), já com a mola (52) e a esfera (51) inseridas no seu orifício, sobre o veio do seletor (48), introduzir o pino elástico (49) a ligá-los, após se verificar que a biela (43) se encontra na vertical;
6. Roscar a manivela (45) ao cubo da manivela (47) e roscar o cabo esférico (44);

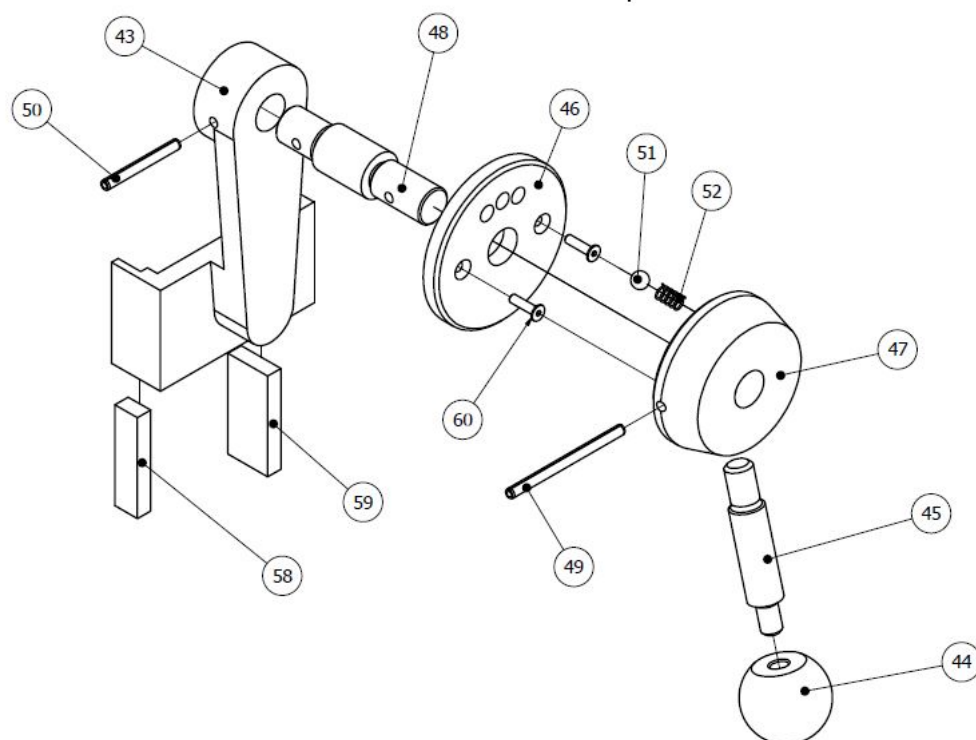


Figura 91: Esquema de montagem do mecanismo de seleção de base.

Montagem do mecanismo de 1ª seleção

Procede-se exatamente do mesmo modo para a montagem do mecanismo de 1ª seleção, tendo sempre atenção para não mover os trens até aos septos interiores do cabeçote.

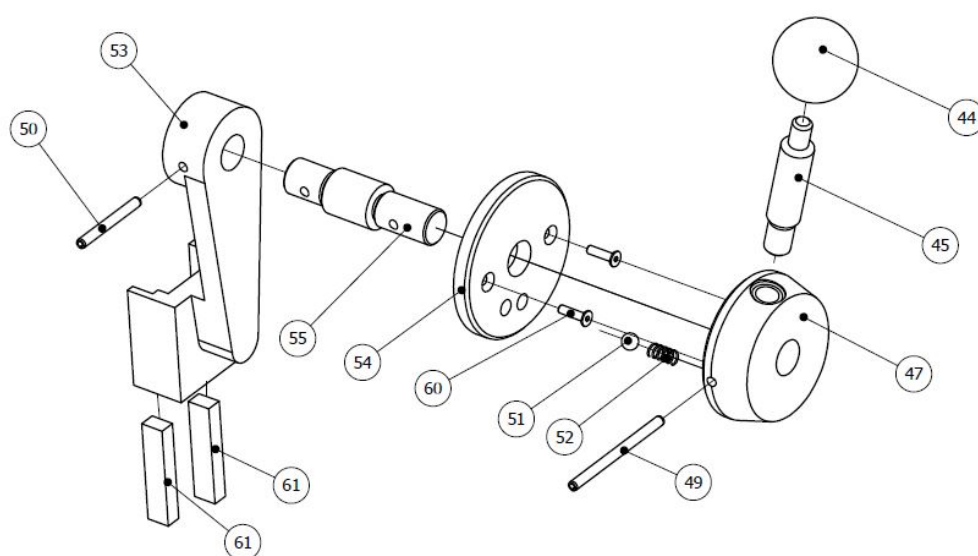


Figura 92: Esquema de montagem do mecanismo de 1ª seleção.

Montagem do veio de entrada

A montagem do veio de entrada também se inicia fora do cabeçote.

1. Apoiar o veio de entrada (17) sobre um suporte para que se possa montar as rodas, com os escatéis voltados para cima;
2. Colocar as 3 (24 e 19) chavetas nos respetivos escatéis;
3. Introduzir pelo lado direito do veio a roda Z5 (20) seguida do respetivo casquilho (18);
4. Introduzir o rolamento do lado direito, B (38), e o respetivo anel elástico (39);
5. Introduzir pelo lado esquerdo do veio a roda Z3 (21) e o respetivo casquilho (22);
6. Colocar o anel elástico para furo (37) no furo do cárter (56);
7. Pela parte superior do cabeçote introduzir o veio de entrada;
8. Introduzir o rolamento do lado esquerdo, A (38), e o respetivo anel elástico (39);
9. Introduzir o rolamento da direita, B (38), no septo até que o rolamento da esquerda, A (38) encoste ao anel elástico do furo (37);
10. Fora do cárter insere-se o vedante (40) na tampa (23) até este encostar à face interior da mesma;
11. Com o veio devidamente apoiado, insere-se a tampa (22) no cárter (56) e aparafusa-se a mesma.

É importante jogar com as posições dos trens móveis, ao inserir o veio de entrada, para que não haja choques entre as rodas dos dois veios.

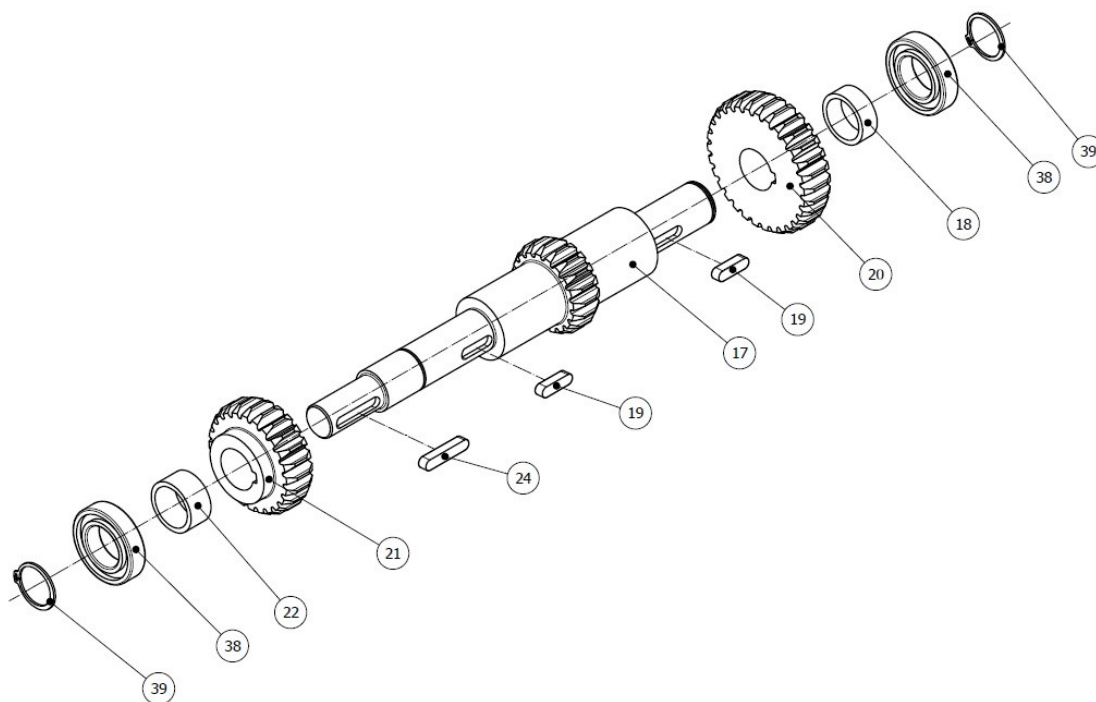


Figura 93: Esquema de montagem do veio de entrada.

Montagem da árvore do cabeçote

Tal como para os outros veios, a montagem da árvore inicia-se fora do cabeçote.

1. Apoiar devidamente o veio, à semelhança dos anteriores;
2. Pelo lado esquerdo da árvore (3), insere-se a tampa frontal (11), seguida do rolamento cónico da direita, C (9), casquilho separador (10), rolamento cónico da esquerda, B (9), anilha (8) e porca de entalhes (7), apertando a porca levemente apenas para manter os componentes na zona do veio onde irão ser fixados;
3. Pelo furo do lado direito do cabeçote, insere-se, de fora para dentro, a árvore com os componentes já introduzidos;
4. Sem levar o veio até à extremidade esquerda do cabeçote e pela parte superior do cárter, inserir a roda Z10 (6) e a respetiva powerlock (4) devidamente apertada;
5. Inserir a roda Z8 (5) e a respetiva powerlock (4) devidamente apertada;
6. Empurrar o veio para dentro do cárter (56), para a esquerda, até o rolamento de rolos cónicos, da esquerda, B (9), encostar ao batente da manga do cárter (56);
7. Aparafusar a tampa frontal (11) e, logo de seguida, apertar a porca de entalhes (7) de forma a introduzir a pré-carga necessária aos rolamentos;
8. Inserir o rolamento de esferas, A (31) pelo lado esquerdo da árvore, e o respetivo anel elástico (30);

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

9. Fora do cárter, inserir o vedante (32) na tampa traseira (33);
10. Colocar a tampa (33) no cárter e aparafusar os parafusos da mesma.

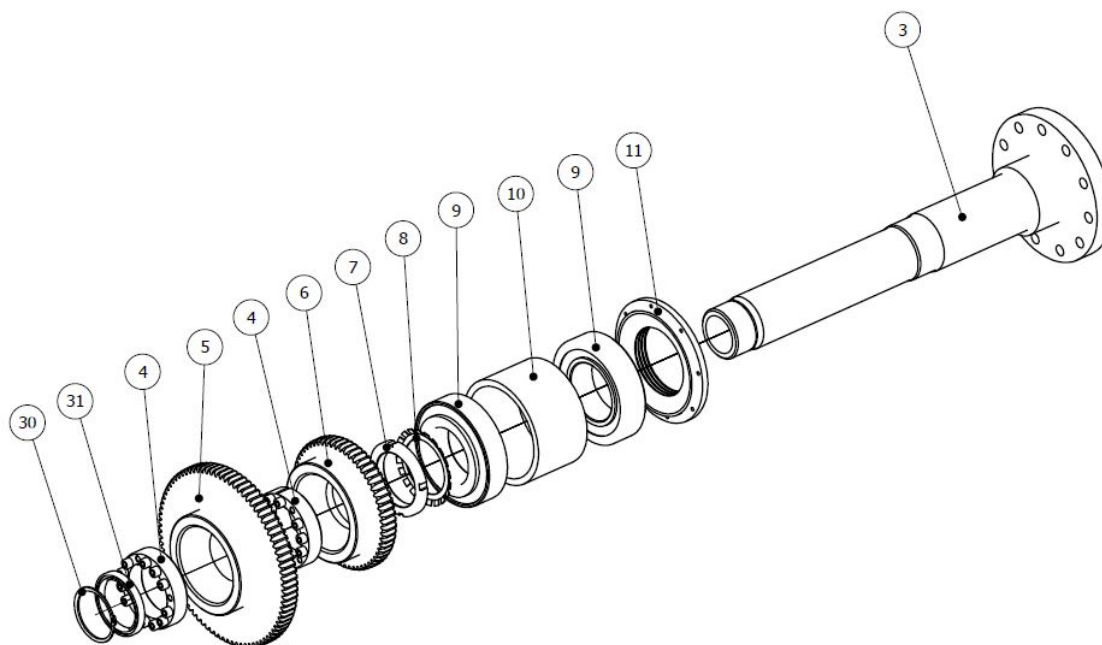


Figura 94: Esquema de montagem da árvore do cárter.

Nota: Para a introdução de todos os rolamentos nos alojamentos será necessário dilatar um pouco os orifícios do cárter para que os rolamentos se movimentem mais facilmente. O mais indicado seria produzir um dispositivo hidráulico que permitisse a colocação com pressão dos rolamentos, sem dilatação de nenhum componente. Contudo, a projeção deste equipamento sai do âmbito desta dissertação.

Montagem da tampa superior e acessórios

1. Colocar o bujão de saída do óleo (42) e o indicador do nível do óleo (41);
2. Colocar a tampa superior (2) e fechar o cabeçote, aparafusando-a com os parafusos (1) ao cárter (56);
3. Colocar o bujão de entrada do óleo (57) na tampa superior (2).

4.7.2 Sequência de desmontagem

A sequência de desmontagem segue a ordem inversa da de montagem como é apresentado de seguida. Geralmente, é necessário abrir o cárter e remover, de forma sequencial, a árvore do cabeçote, o veio de entrada, os mecanismos de seleção e o veio intermédio. À exceção do conjunto da árvore, que tem de ser retirada antes dos restantes conjuntos, a ordem da remoção dos outros componentes poderia ser diferente da apresentada. No entanto, considerou-se esta ordem para que haja menor probabilidade dos mecanismos chocarem entre si.

Abertura do cárter e remoção de acessórios

1. Remover o bujão de entrada do óleo;
2. Desaparafusar os parafusos da tampa superior e remover a mesma;
3. Remover o bujão de saída do óleo e o indicador do nível do óleo.

Desmontagem da árvore do cabeçote

1. Desaparafusar a tampa traseira da árvore e removê-la juntamente com o vedante;
2. Retirar o anel elástico do veio e o rolamento A;
3. Desaparafusar a tampa frontal e puxar o veio para a direita, para o exterior do cárter até se ter espaço suficiente para remover as rodas dentadas;
4. Desapertar a powerlock da roda Z8 e remover a mesma;
5. Desapertar a powerlock da roda Z10 e remover a mesma;
6. Extrair a árvore do cabeçote pelo lado direito do mesmo;
7. Já fora do cabeçote, desapertar a porca de entalhes e, sequencialmente, remover a anilha, o rolamento B, o casquilho, o rolamento C e a tampa frontal.

Desmontagem do veio de entrada

1. Desapertar os parafusos da tampa do veio de entrada e removê-la juntamente com o vedante raspador;
2. Remover o anel elástico da esquerda seguido do rolamento da esquerda, A;
3. Puxar o veio para a esquerda até que o rolamento da direita, B, saia do interior do septo e se consiga retirar o conjunto para fora do cárter, pela parte superior do mesmo. Conjugiar o movimento do veio de entrada com as posições dos mecanismos de seleção para que as rodas não interfiram entre si;
4. Com o conjunto do veio fora do cárter, remover pelo lado esquerdo, o casquilho e a roda Z3;
5. Retirar, pelo lado direito, o anel elástico da direita, o rolamento, o casquilho e a roda Z5;
6. Desmontar as 3 chavetas do respetivos escatéis;
7. Retirar o anel elástico para furo da ranhura do cárter.

Desmontagem do mecanismo de 1ª seleção

1. Desapertar o cabo esférico da manivela e esta do cubo;
2. Sacar o pino elástico que une o cubo da manivela ao veio seletor;

3. Remover o cubo da manivela juntamente com a mola e a esfera;
4. Desapertar os parafusos do prato de seleção e retirar o mesmo;
5. Puxar o veio do seletor para fora do cárter, para poder sacar o pino de ligação à biela e removê-la pela parte superior do cárter;
6. Remover, pela lateral, o veio do seletor;

Desmontagem do mecanismo de seleção de base

Para a remoção do mecanismo de seleção de base segue-se os mesmos passos apresentados para a desmontagem do mecanismo de 1ª seleção.

Desmontagem do veio intermédio

1. Desapertar os parafusos da tampa do veio intermédio e retirar a mesma;
2. Remover o anel elástico da esquerda e o rolamento A, pelo furo do cárter;
3. Puxar o veio para a esquerda até o rolamento da direita, B, sair do septo;
4. Remover o conjunto do veio intermédio pela parte superior do cárter;
5. Com o veio no exterior do cárter, retirar o anel elástico da direita e o rolamento B;
6. Retirar os trens dos dois mecanismos de seleção.

Desmontagem do trem do mecanismo de 1ª seleção

1. Remover a porca de entalhes e a anilha de segurança;
2. Aquecer a roda Z9 para que esta dilate e, com a ajuda de um batente, remover progressivamente a roda Z9 do cubo da roda Z7.

Desmontagem do trem do mecanismo de seleção de base

1. Desapertar a porca de entalhes e remover a anilha de segurança;
2. Retirar a roda Z4 e logo de seguida a Z2;
3. Remover a chaveta do escatel da roda Z6.

À semelhança da montagem dos rolamentos, para a desmontagem é necessário dilatar um pouco os alojamentos no cárter.

Página intencionalmente em branco

5 Processos de fabrico

Após a definição final de todos os componentes do cabeçote de torno, apresenta-se um processo de fabrico possível para os componentes não standard.

Assim, neste capítulo apresentar-se-á a codificação utilizada para os componentes e os diversos desenhos produzidos, numa primeira secção. Numa segunda serão tratados os processos de fabrico escolhidos para as peças não standard. É evidente que se apresenta apenas uma sugestão dos processos produtivos que deve ser avaliada, mais aprofundadamente, para o fabrico das peças ser o mais otimizado possível.

São apresentadas, ainda, uma secção relativa aos tratamentos térmicos que se consideraram necessários realizar, uma outra sobre os revestimentos superficiais aplicados a alguns componentes e uma última acerca das folhas de fabrico produzidas.

5.1 Codificação dos componentes

Para ser mais fácil distinguir os componentes e os conjuntos, bem como os desenhos produzidos, criou-se um código para todos os componentes do cabeçote.

A lógica de codificação seguida baseia-se numa divisão sequencial do conjunto total em subconjuntos e, por fim, em componentes. Assim, todas as peças possuem o prefixo CT, que significa Cabeçote de Torno. Definiram-se 7 subconjuntos principais apresentados na Tabela 34, para se perceber melhor a localização de cada peça no cabeçote.

Tabela 34: Codificação dos subconjuntos.

Subconjunto	Código
Cárter	CTC
Tampa superior	CTT
Veio de entrada	CTV1
Veio intermédio	CTV2
Árvore	CTV3
Mecanismo de seleção de base	CTMB
Mecanismo de 1ª seleção	CTM1

Dentro dos conjuntos dos veios criou-se ainda um subconjunto referente aos trens dos mecanismos de inversão, para facilitar a distinção entre as rodas e engrenamentos. Basicamente, para codificar uma roda, à frente da designação do veio é dada a indicação do mecanismo de seleção do qual ela faz parte, MB ou M1, seguida do código que lhe é atribuído e apresentado na Tabela 35. As anilhas e as porcas de entalhes distinguem-se da mesma forma, à exceção da anilha e da porca da árvore que possuem a designação CTV3R.

Para distinguir as chavetas no mesmo veio, o último caratere é igual ao caratere da roda, para

as chavetas de rodas, e é M para a chaveta do motor.

A distinção dos casquilhos no mesmo veio é feita pelo último caratere sendo este E para esquerdo e D para direito.

Por sua vez, a distinção dos rolamentos é feita por A, B ou C, tendo em consideração a nomenclatura utilizada nos cálculos do projeto. Os anéis elásticos para veio também se distinguem em função do rolamento ao qual servem de batente e os anéis elásticos para furo terminam com a letra F.

A tampa frontal da árvore possui um D no fim do código para se distinguir da tampa traseira.

As powerlocks distinguem-se pelo último caratere que é o número da roda na qual serão inseridas.

No caso do mecanismo de seleção de base os postiços de encosto são diferentes pelo que se colocou como último caratere um E ou um D, dependendo se o postiço se encontra do lado esquerdo ou do lado direito, respetivamente.

Os pinos elásticos dos mecanismos de seleção distinguem-se pelos últimos caracteres também, sendo que B significa que é o pino a introduzir na biela e CM é aquele a introduzir no cubo da manivela.

Considerou-se o bujão de entrada do óleo como uma parte da tampa superior, com o código a terminar em OE. Como uma parte do cárter considerou-se o bujão de saída do óleo, com os últimos caracteres OS e o indicador do nível com os caracteres ON.

As designações gerais encontram-se na Tabela 35.

Os desenhos de definição dos componentes não standard têm como referência o código da peça em questão. Os de corte da matéria-prima têm a mesma designação que a peça que vão originar mais um C. E os de modelo para as peças de fundição distinguem-se pelo último caratere ser um F. Os de montagem possuem o código do subconjunto a que pertencem as peças a montar. E o desenho de conjunto possui o código geral CT.

Tabela 35: Codificação dos componentes.

Componente	Código	Componente	Código
Para conjunto de veios		Para conjuntos de mecanismos de seleção	
Veio	SH	Biela	B
Roda	Z_	Veio do seletor	SH
Chaveta	CH_	Prato de seleção	PR
Casquilho	C_	Cubo da manivela	CM
Rolamento	R_	Esfera	ES
Anel elástico	AE_	Mola	SP
Tampa	T	Cabo esférico	CE
Vedante	V	Manivela	MN
Anilha	MB	Postiço de encosto	POS
Porca de entalhes	KM	Pino elástico	PE
Powerlock	PL_	Parafusos	P

5.2 Seleção do equipamento

Para a obtenção das peças não standard definiu-se o equipamento necessário para a produção das mesmas, desde o corte à retificação. Os principais critérios para a escolha do equipamento tidos em conta foram as dimensões e o peso da peça de trabalho. Estes valores são comparados com os valores máximos e mínimos para a peça de trabalho que cada fornecedor indica para os seus equipamentos.

Relativamente à fundição não é realizada nenhuma abordagem aos equipamentos necessários, pelo facto de não ser um tema tratado na presente dissertação.

5.2.1 Corte

Ao longo do texto foi mencionado que se realizaram os desenhos de corte das matérias-primas para maquinagem. Considerou-se que a matéria-prima para os veios, os casquilhos, as rodas dentadas, os pratos de seleção e os cubos das manivelas é fornecida em varões de aço de 12 metros, tendo-se optado por esta dimensão para uma produção em larga escala. Por sua vez, a das bielas é fornecida em perfis retangulares também com 12 metros. Estes varões e perfis terão de ser cortados com dimensões superiores às da peça final para permitirem a sua maquinagem. Tendo-se em atenção que a serra, para além de remover a sua espessura em material, também gera um corte irregular na superfície das peças, considerou-se uma perda de 5mm de material por cada corte. Como serrote mecânico para os cortes dos varões e perfis escolheu-se o Makimak S2C 450. Este

serrote apresenta como limites de corte um diâmetro de 600mm e uma altura de 400mm. Para se verificar se este equipamento pode ser utilizado para o corte de todos os componentes, encontram-se na Tabela 36 as dimensões da peça em bruto que se pretende obter após o corte dos varões de 12 metros. O diâmetro apresentado é o em bruto e inclui uma sobre-espessura para maquinagem. Para considerar esta sobre-espessura e também para que as peças pudessem ser agarradas pela bucha num comprimento maior, tiveram-se em conta diâmetros em bruto 5mm a 10mm superiores ao maior diâmetro final e comprimentos entre os 5mm e os 25mm superiores aos comprimentos efetivos das peças. Escolheram-se estes valores tentando diminuir, ao máximo, o desperdício de material, mas podem existir situações, como o caso da peça escolhida para maquinar, em que estas dimensões devem ser aumentadas para serem possíveis de fabricar. É óbvio, portanto, que só realizando a sequência de maquinagem de todas as peças é que se poderia determinar com maior precisão as dimensões ótimas que o material em bruto deveria possuir.

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 36: Dimensões das peças em bruto para maquinagem.

Componente	Dimensão da secção [mm]	Comprimento [mm]
V1SH	$\phi 70$	375
V2SH	$\phi 70$	460
V3SH	$\phi 290$	850
MBSH	$\phi 30$	150
M1SH	$\phi 30$	140
MN	$\phi 25$	120
Z2	$\phi 195$	40
Z3	$\phi 85$	45
Z4	$\phi 180$	40
Z5	$\phi 100$	45
Z6	$\phi 165$	115
Z7	$\phi 115$	100
Z8	$\phi 350$	120
Z9	$\phi 210$	50
Z10	$\phi 250$	85
V1CE	$\phi 40$	30
V1CD	$\phi 40$	25
V3C	$\phi 205$	130
MBPR	$\phi 105$	30
M1PR	$\phi 105$	30
CM	$\phi 105$	50
MBB	80×120	200
M1B	70×70	200

5.2.2 Maquinagem

Para a escolha rápida da máquina a utilizar para a maquinagem e/ou fresagem de um componente os critérios dimensionais são mais exigentes que para o corte. Relativamente à massa dos componentes, deve ser garantido que a peça não seja mais pesada que o limite máximo de peso indicado na ficha técnica do torno ou da fresadora. Assim sendo, os critérios dimensionais para a utilização de um torno HAAS são brevemente explicados:

- **critério do Comprimento:** o comprimento útil de trabalho do torno deve ser no mínimo o dobro do comprimento do componente a maquinar, se este for totalmente perfurado; se o componente for maciço, o comprimento útil de trabalho terá de ser apenas 1,4 vezes o do componente.
- **critério do Diâmetro:** a peça a maquinar deve possuir diâmetros inferiores aos limites apresentados para cada torno. Esses limites dependem do tipo de turreta utilizada, pois uma turreta VDI diminui o comprimento útil de corte e uma BOT ou BMT diminuiu o diâmetro útil de corte. Por esta razão, as dimensões máximas de corte devem ser avaliadas individualmente para cada torno. Para a escolha efetuada considerou-se como diâmetro máximo de corte o valor mais baixo de entre todos os valores das diferentes turrets, ou seja, o dobro da distância vertical mínima que a ferramenta pode percorrer. Isto aplica-se para maquinagem interior ou exterior.

Na Tabela 37 encontram-se as dimensões necessárias para maquinar cada um dos componentes e o seu peso, os tornos selecionados e ainda as dimensões de corte e peso admissíveis.

Note-se que a seleção dos tornos foi feita considerando a máquina de menor custo para efetuar determinada peça. Contudo, desta forma seriam necessários 7 tornos CNC distintos, o ST10, o ST10Y, o ST20, o ST20Y, o ST35, o ST40 e o ST40L. Os tornos cuja designação termina com Y são os que trabalham com 3 eixos isto é, possuem um eixo y que lhes permite realizar operações em *live tooling* - acionamento motorizado da ferramenta. A tecnologia *mill turn* permite efetuar operações de fresagem num torno, o que traz grandes vantagens nas situações em que seria necessário maquinar uma peça num torno e posteriormente numa fresadora. Desta forma, é apenas necessária uma máquina, logo o custo total de produção é menor e garantem-se, com maior rigor, as tolerâncias desejadas e um melhor controlo das mesmas.

Para as fresadoras, os limites para o comprimento, a largura e a altura das peças a serem maquinadas são dados pelos percursos máximos segundo os 3 eixos, x, y e z, respetivamente.

Na Tabela 38, à semelhança da Tabela 37, encontram-se as mesmas informações sobre as peças fresadas e as fresadoras selecionadas.

A VF1 e a VF3 são fresadoras CNC verticais e a EC1600ZT é uma fresadora CNC horizontal, necessária para maquinar os furos do cárter devido à sua grande dimensão e ao grau de complexidade da sua geometria.

Uma vez que a VF1 e a VF3 são fresadoras de 3 eixos e a EC1600ZT é de 4 eixos, não se consegue maquinar de uma só vez todas as faces das peças pelo que, é necessário parar a máquina e colocar as peças na posição correta para estas serem maquinadas em todas as zonas necessárias. Por esta razão, é importante que no caso do cárter, este possa ser maquinado em qualquer posição logo, as dimensões maquináveis devem permitir a rotação da peça sem que surjam problemas de atravancamento. É recomendável ter em consideração que, a altura maquinável, é dada pela

diferença entre a distância mínima e máxima do spindle à mesa, pelo que a peça não deve possuir uma altura igual à máxima.

Fazendo uma avaliação geral do custo das máquinas para a maquinagem dos componentes não standard, percebe-se que o valor investido seria elevado. Efetivamente, não são necessárias todas as máquinas apresentadas nas tabelas anteriores pois, máquinas de maiores dimensões conseguem maquinar as peças das máquinas mais pequenas. Assim sendo, as peças que seriam fabricadas nos tornos ST10, ST10Y e ST20, podem ser produzidas no torno ST20Y e as que seriam maquinadas nos tornos ST35 e ST40 podem sê-lo no ST40L. Podia considerar-se a hipótese de produzir todas as peças num torno ST40L. No entanto, como este é um torno de grandes dimensões, projetado para peças igualmente grandes, não é o indicado para o fabrico de peças de pequenas dimensões. Por outro lado, apenas o ST40L é capaz de produzir o veio oco, a árvore do cabeçote, pelas suas dimensões, e pela complexidade do veio. Efetivamente, determinou-se que este veio seria produzido por maquinagem, mas para largas produções, um processo que permitiria poupar bastante material, desperdiçado na maquinagem deste veio, era o forjamento de aço. Todavia, era preciso realizar um estudo mais aprofundado do processo.

Conclui-se, então, que apenas são necessários os tornos ST20Y e o ST40L e as fresadoras VF1, VF3 e EC1600ZT. Na Tabela 39 apresentam-se os preços de todas as máquinas mencionadas, dos acessórios e um valor estimado para o custo das ferramentas. Aí, também se encontra o custo total de cada máquina e do investimento total do projeto em relação ao equipamento HAAS. Estes custos incluem as amortizações e custos de instalação dos equipamentos. O total efetivo, na última linha da tabela indica o custo total das 5 máquinas efetivamente necessárias, que se encontram realçadas a verde.

Optou-se por realizar a abertura do estriado no veio intermédio com uma fresa de disco. Esta operação pode ser realizada no torno ST40, através de *live tooling*.

Já o estriado dos cubos das rodas Z7 e Z6 pode ser obtido por brochagem, na máquina Ohio Broach RP/224, que possui dimensões suficientes.

Por último, para talhar os dentes das rodas dentadas escolheu-se a fresadora geradora de engrenagem CNC YK3130 da Hoston. Esta máquina permite talhar rodas com um diâmetro máximo de 350mm e um módulo máximo de 4, pelo que, todas as rodas podem ser produzidas por este procedimento.

5. Processos de fabrico

Tabela 37: Seleção dos tornos para fabrico dos componentes não standard e respetivas dimensões máximas de corte.

Componente	Dimensão da secção [mm]	Comprimento [mm]	Massa [kg]	Comprimento necessário [mm]	Máquina Seleccionada	Comprimento maquinável [mm]	Diâmetro exterior maquinável [mm]	Diâmetro interior maquinável [mm]	Peso da peça admissível [kg]
V1SH	φ70	375	10,96	511	ST20Y	533	308	382	68
V2SH	φ70	460	13,90	610	ST40	1118	590	666	227 *
V3SH	φ290	850	400,73	1700	ST40L	2032	590	666	227 *
MBSH	φ30	150	0,72	182	ST10Y	406	228	382,6	32
M1SH	φ30	140	0,67	168	ST10Y	406	228	382,6	32
MN	φ25	120	0,46	168	ST10Y	406	228	382,6	32
Z2	φ195	40	9,32	80	ST10	406	228	382,6	32
Z3	φ85	45	1,99	90	ST10	406	228	382,6	32
Z4	φ180	40	7,94	80	ST10	406	228	382,6	32
Z5	φ100	45	2,76	90	ST10	406	228	382,6	32
Z6	φ165	115	19,18	230	ST10	406	228	382,6	32
Z7	φ115	100	8,10	200	ST10	406	228	382,6	32
Z8	φ350	120	90,05	240	ST35	660	454	534	227
Z9	φ210	50	13,51	100	ST10	406	228	382,6	32
Z10	φ250	85	32,55	170	ST20	533	308	382	68
V1CE	φ40	30	0,30	60	ST10Y	406	228	382,6	32
V1CD	φ40	25	0,25	50	ST10Y	406	228	382,6	32
V3C	φ205	130	33,47	260	ST20Y	533	308	382	68
MBPR	φ105	30	2,04	60	ST10	406	228	382,6	32
M1PR	φ105	30	2,04	60	ST10	406	228	382,6	32
CM	φ105	50	3,40	100	ST10Y	406	228	382,6	32
CE	φ25	25	0,09	35	ST10Y	406	228	382,6	32

* - Este é o peso máximo considerando o uso de contra-ponto.

Tabela 38: Seleção das fresadoras para fabrico dos componentes não standard e respetivas dimensões máximas de corte.

Componente	Largura total [mm]	Comprimento total [mm]	Altura total [mm]	Massa [kg]	Máquina Seleccionada	Largura maquinável [mm]	Comprimento maquinável [mm]	Altura maquinável [mm]	Peso da peça admissível [kg]
T	420	669	35	31,75	VF3	508	1016	635	1588
MBB	120	200	80	15,07	VF1	508	406	508	1361
	80	200	120						
M1B	70	200	70	7,69	VF1	508	406	508	1361
C	518	683	587	218,73	EC1600ZT	1270	1626	1016	4536
	518	587	683						
	587	683	518						

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 39: Custos associados aos equipamentos necessários

Máquina	Preço base €	Preço acessórios €	Preço ferramentas €	Preço total €
ST10	38.995	14.680	5.000	58.675
ST10Y	65.995	14.680	5.000	85.676
ST20	49.995	17.275	5.000	72.270
ST20Y	74.995	17.275	5.000	97.270
ST35	67.995	28.870	5.000	101.865
ST40	103.995	18.985	5.000	127.980
ST40L	147.995	10.990	5.000	163.985
VF1	42.995	10.880	5.000	58.875
VF3	56.995	10.880	5.000	72.875
EC1600ZT	206.995	14.385	5.000	226.380
Total	856.950	158.900	50.000	1065.850
Total efetivo	529.975	64.410	25.000	619.385

5.2.3 Retificação

Devido à rugosidade requerida para os dentes das engrenagens, os locais de alojamento dos vedantes e as zonas de encosto das tampas às castanhas do cárter, são necessárias máquinas retificadoras para dar o devido acabamento a essas peças.

Para a retificação do dentado das engrenagens escolheu-se a retificadora CNC G450 da SAM-PUTENSILI, porque permite retificar todas as rodas com diâmetros até $450mm$ e comprimentos até $550mm$, na mesma máquina.

Quanto à retificação dos veios, nas zonas de alojamento dos vedantes, foi necessário encontrar uma retificadora cilíndrica que conseguisse maquinar peças com pesos elevados, para se produzir a árvore do cabeçote, que pesa aproximadamente $440kg$. Por esta razão, escolheu-se a retificadora CNC RU2500 da Machine Tools que permite maquinar peças até aos $500kg$.

As castanhas do cárter e as tampas necessitam de uma retificadora HFS B VC - Advance 80150, da Knuth. Efetivamente, as tampas poderiam ser retificadas numa máquina de menores dimensões, mas, como era necessário uma de grandes dimensões para conseguir retificar o cárter, optou-se por utilizar a mesma máquina para todas as peças. Este equipamento possui uma capacidade de retificação máxima de $800mm \times 1500mm$, pelo que apresenta dimensões suficientes para retificar o cárter.

5.3 Tratamentos térmicos

Para os cálculos do KISSsoft® considerou-se que as engrenagens e, por consequência, o veio de entrada, teriam de ser temperados à chama ou por indução, para que a dureza do aço RPM32 (DIN 42CrMo4) fosse aumentada.

A RAMADA Aços®, para atingir aproximadamente uma dureza de $58HRC$, como pretendido, indica que deve ser realizada uma têmpera entre os $820^{\circ}C$ e os $880^{\circ}C$, arrefecida em óleo. Esta informação pode ser consultada no Anexo E.

5.4 Revestimentos superficiais

O cárter e as tampas encontram-se sujeitos a maior corrosão, por parte do ambiente, do que os restantes componentes que integram o cabeçote de torno. Por isso, escolheu-se uma proteção a ser dada sobre estes componentes.

A informação fornecida pelas normas ISO 12944: (Proteção Anticorrosiva de Estruturas de Aço), e ISO 8501 (Proteção Anticorrosiva de Estruturas de Aço por Pintura), que a CIN segue, indica o tipo de decapagem, os primários e as tintas a utilizar em função do grau de corrosão a que o equipamento está sujeito quando este é de aço. Como as peças a serem revestidas são em ferro fundido, pressupôs-se que seria mais indicado falar pessoalmente com um técnico da CIN para obter uma indicação dos produtos a utilizar.

Neste momento, não se sabe, com precisão, o ambiente corrosivo para o funcionamento do cabeçote de torno. Deste modo, a escolha do revestimento superficial será feita considerando um grau de corrosão elevado, por duas razões. Uma delas reside no facto de Portugal ser um país costeiro e estar sujeito a um nível de salinidade moderada, e a outra no facto do cabeçote de torno

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

ser um equipamento para indústria mecânica, o que engloba sempre um ambiente de poluição. Ainda, assim, após ser conhecido o ambiente em que o equipamento trabalhará, a escolha deverá ser ajustada.

Como categoria de corrosividade atmosférica considerou-se a C4 Alta.

De forma a remover oxidações, impurezas e incrustações superficiais é aconselhável uma decapagem. Para se garantir um grau de preparação da superfície $Sa\ 2\frac{1}{2}$ é necessário realizar uma limpeza por jato abrasivo a fundo. Após a decapagem, deve ser dado um primário sobre as superfícies.

Foi indicada a utilização do 7K-586 C-POX® PRIMER FA, um primário de aderência epoxi, adequado para superfícies metálicas e não metálicas submetidas a ambientes de elevada agressividade. É recomendada uma espessura por demão de $30\mu m$.

Para acabamento final, foi sugerido um esmalte de poliuretano acrílico-alifático, o 7P-250 C-THANE® S250. Para além de possuir boa qualidade de aspeto brilhante, grande durabilidade ao exterior, é indicado para a pintura de máquinas e estruturas metálicas, cujo esquema de pintura é do tipo epoxi, compatível com o primário escolhido. Devem ser dadas duas demãos, sendo a espessura recomendada em cada uma de $50\mu m$.

Na Tabela 40 encontra-se o esquema de revestimento superficial, acima exposto, por sugestão da CIN. No Anexo M podem ser consultados os boletins técnicos dos produtos da CIN a utilizar e a classificação de ambientes segundo diferentes categorias de corrosividade tendo por base a norma ISO 12944.

Tabela 40: Esquema de revestimento superficial para o cárter e para as tampas.

Tipo de revestimento	Produto CIN	Espessura recomendada (seca)
Primário de aderência epoxi	7K-586 C-POX® PRIMER FA	$1 \times 30\mu m$
Esmalte de poliuretano acrílico-alifático	7P-250 C-THANE® S250	$2 \times 50\mu m$
Espessura final (seca)		$130\mu m$

5.5 Folhas de fabrico

É importante existir um documento relativo a cada componente que compile todas as informações acerca do seu processo de produção. Este tipo de documento permite que, os departamentos de produção e as equipas de engenheiros responsáveis pela execução do projeto, possam rever o fabrico de cada componente. Admite também que, em conjunto, estas equipas definam, de forma rápida, alterações a efetuar ao processo de fabrico dos componentes.

Como exemplo do documento que deveria ser criado para todas as peças do cabeçote, foram

realizadas 3 folhas de fabrico, que se encontram no Anexo O: uma para o veio seletor do mecanismo de seleção de base (mais detalhada por se ter definido o processo de maquinagem integral do componente), outra para o cárter (por ser uma peça mais complexa e conjugar diferentes processos de fabrico) e ainda uma outra para a roda Z6 do trem 3 (por ser o órgão de transmissão de movimento mais complexo, em termos geométricos).

Na parte superior destas folhas é indicado o código do componente (que é o mesmo que o do respetivo desenho de definição), o do desenho de corte ou fundição da peça, os números desses desenhos, a sua referência na lista de peças e ainda o material de fabrico da peça.

No restante documento são referenciadas as operações a realizar no componente, por ordem de execução. Em cada operação são fornecidas as seguintes informações:

- corte: máquina selecionada, dimensões do corte e peso da peça após a operação;
- fundição: tipo de moldação, sobre-espessura para maquinagem e peso da peça após a operação;
- maquinagem: matéria prima e dimensões gerais, máquinas selecionadas, ferramentas, sequência de maquinagem e peso final da peça;
- retificação: máquina selecionada, características da mó e rugosidade esperada;
- revestimento superficial: categoria de corrosividade, grau de decapagem, primário e tinta escolhidos;
- tratamentos térmicos: tipo de tratamento, temperatura e meio de arrefecimento indicados.

6 Maquinagem do componente CTMBSH

Um dos objetivos desta dissertação era produzir um dos componentes não standard numa máquina HAAS. De facto, para produzir uma peça por maquinagem é preciso definir, para além do equipamento a usar, as ferramentas a utilizar e ainda a sequência de maquinagem.

O estudo do processo de maquinagem foi feito, detalhadamente, para o componente CTMBSH, ou seja, para o veio do seletor do mecanismo de seleção de base. Esta é uma peça de baixa complexidade mas que requer algum cuidado no seu fabrico. Isto deve-se ao facto de ser um componente com tolerâncias justas na ligação com as outras peças e de ser responsável por transmitir movimento entre duas peças. Ainda assim, não é um componente sujeito a esforços e encontra-se em repouso na maioria do tempo de serviço.

Relembrando o que já foi definido, este veio é realizado no aço F10 da RAMADA Aços® e o material em bruto possui um diâmetro de 30mm e um comprimento de 150mm. O desenho de definição e o de corte do material em bruto são ilustrados nas Figuras 95 e 96. A máquina-ferramenta escolhida para a produção do objeto foi o torno CNC ST10Y, cujas especificações podem ser consultadas no anexo N.

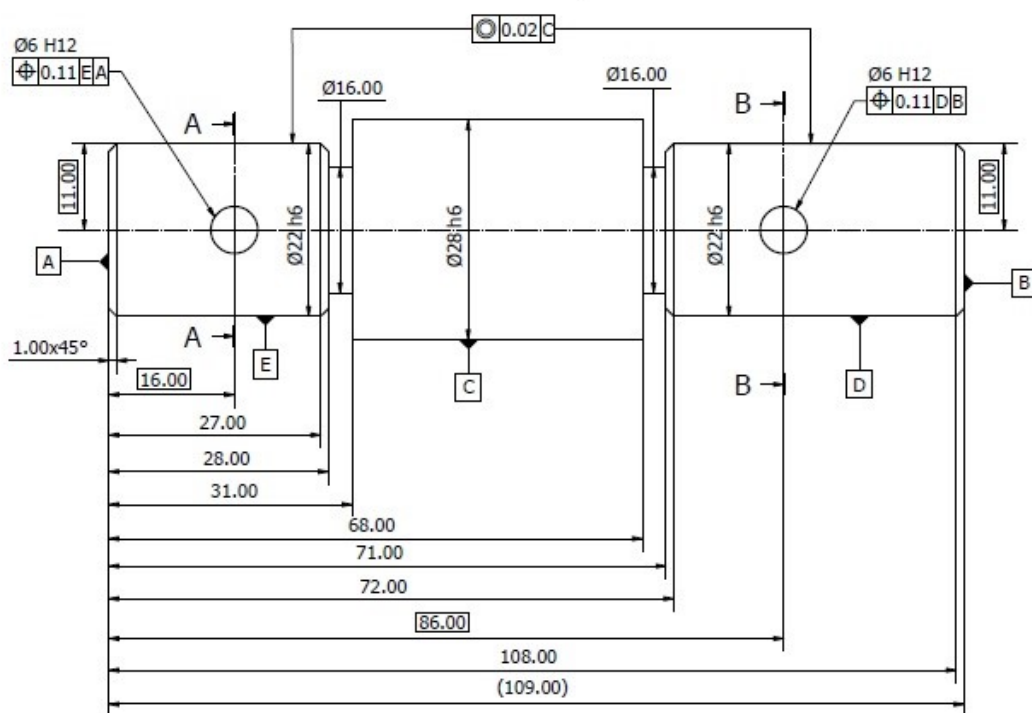


Figura 95: Desenho de definição do componente CTMBSH (ver Anexo R).

A realização da maquinagem desta peça também passou por fazer alguns ajustes ao desenho definido inicialmente, devido ao facto de se pretender produzir a peça nas instalações da HAAS, numa máquina disponível e com as ferramentas existentes nos showrooms. Mas, antes de mencionar as alterações, é importante definir a sequência de maquinagem.

Esta foi realizada no software Autodesk Fusion 360 que permite criar as peças a 3 dimensões,

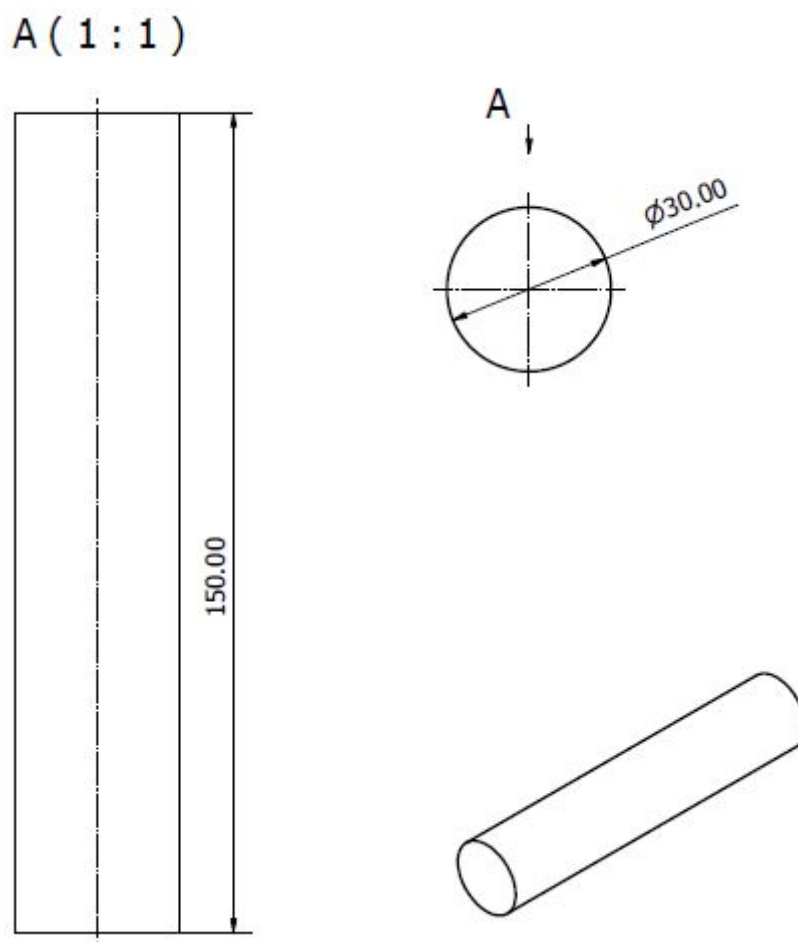


Figura 96: Desenho de operação de corte do componente CTMBSH.

os desenhos dessas peças e, entre outras operações, simular a maquinagem das mesmas e fazer a transformação CAD-CAM, criando o código G (explicado no Anexo S) que será enviado para a máquina-ferramenta. Para a maquinagem deste componente também se obteve o código G, a enviar para o torno ST10Y, através do software Fusion 360.

Das operações de maquinagem que foram apresentadas na subsecção 2.3.1 Torneamento, para o fabrico deste veio foram selecionadas as seguintes: facejar, tornear exterior cilíndrico, chanfrar, ranhurar e sangrar. Ainda que o torno permita abrir furos axiais numa peça, não permite realizar furação perpendicular ao eixo da peça. Assim sendo, seria necessário levar a peça a uma furadora ou fresadora para se abrir os furos radiais existentes no veio para alojamento de pinos. Contudo, uma vez que se vai utilizar um torno CNC HAAS ST10Y, esta operação de furação pode ser realizada no torno, já que este oferece a função de *live tooling*. Como já foi explicado, com o *live tooling* a peça permanece estática na posição correta e a ferramenta, neste caso, a broca, é que possui movimento de rotação e abre os furos radiais.

Para se determinar a sequência de maquinagem no software Fusion 360, tem de se indicar, com precisão, o material em bruto a ser maquinado. Para tal, inicia-se um Setup e no separador *Setup* escolhe-se o tipo de operação que se quer realizar, torneamento, a orientação do sistema de eixos, o

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

offset de referência para as ferramentas e ainda o local de aperto da bucha na peça. De seguida, no separador *Stock*, define-se a geometria da matéria-prima, o seu diâmetro e comprimento. Indica-se também qual o offset que o programa deve considerar para o material em bruto, em relação à face da peça. Considerou-se um offset de 1 mm . A interface do programa é apresentada na Figura 97.

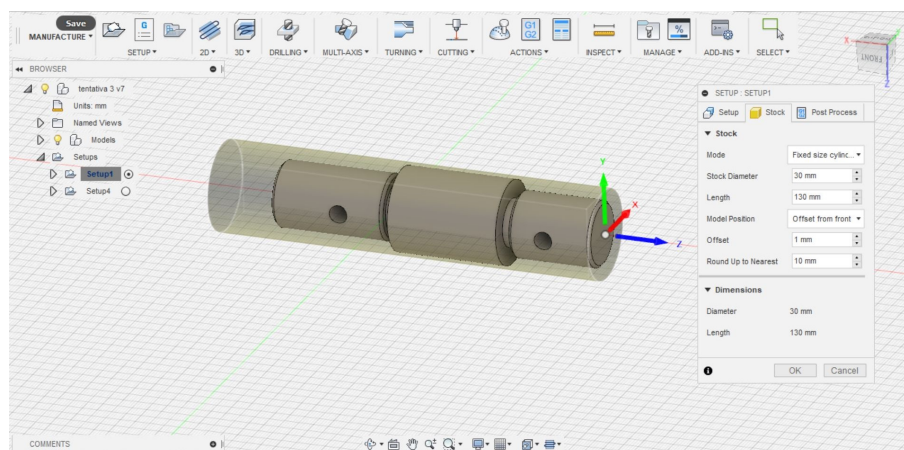


Figura 97: Interface do software Fusion 360 para definição do processo de maquinagem e do material em bruto.

Tendo-se realizado este passo, pode-se começar a indicar a sequência de maquinagem introduzindo as operações no software, por ordem de realização.

Na parte superior da Figura 97 encontram-se os menus das operações que podem ser realizadas em maquinagem. Para seleccionar a operação desejada basta clicar no menu *Turning*. A primeira operação a ser realizada é o facejamento do extremo direito da peça na Figura 97. Será pormenorizado o modo de criação desta operação, sendo que as demais seguem o mesmo procedimento. A interface para a definição da operação é ilustrada na Figura 98.

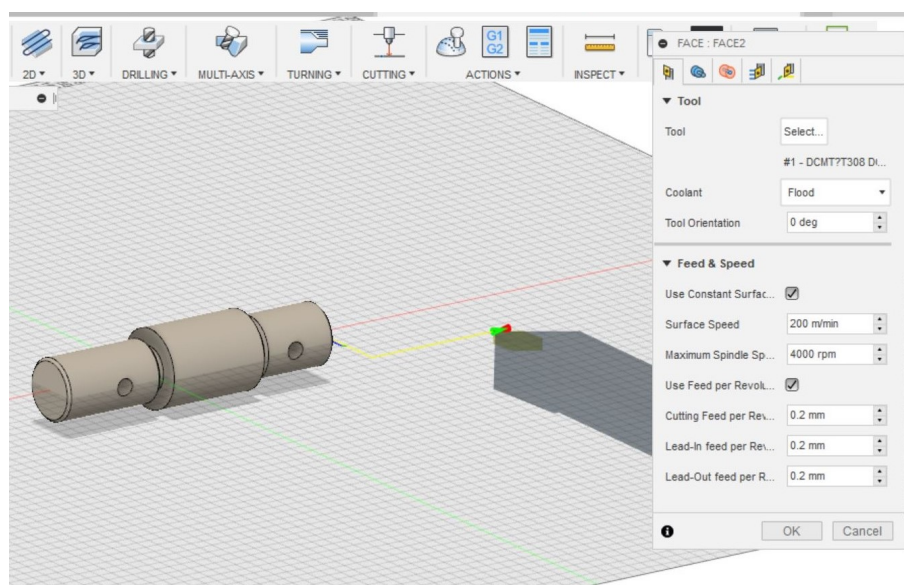


Figura 98: Interface do software Fusion 360 para definição da operação a realizar.

6. Maquinagem do componente CTMBSH

Para cada operação é necessário escolher a ferramenta a utilizar. Escolheram-se ferramentas que a HAAS possuía no showroom do Porto e, como o programa detém um banco de ferramentas pouco alargado, foi necessário introduzir manualmente todas as que se consideraram necessárias para a realização da peça. Para isso, introduziram-se os dados relativos à geometria da ferramenta, à posição da mesma em relação à peça, à geometria do suporte da ferramenta e aos parâmetros de corte indicados pelo fabricante.

Após a seleção da ferramenta a utilizar, na mesma interface inseriram-se os parâmetros de corte requeridos pelo software. Estes foram escolhidos tendo em conta a indicação cedida pelos fornecedores de cada ferramenta, a velocidade de rotação máxima do spindle e ainda a experiência prática do Eng. Nuno Lopes e do técnico Óscar Pereira e encontram-se na Tabela 41.

Foi, ainda, preciso definir as dimensões que se pretendiam maquinar a partir da janela *Radii*, Figura 99 e o número de passes e a sobre-espessura para acabamento a partir da janela *Passes*, Figura 100.

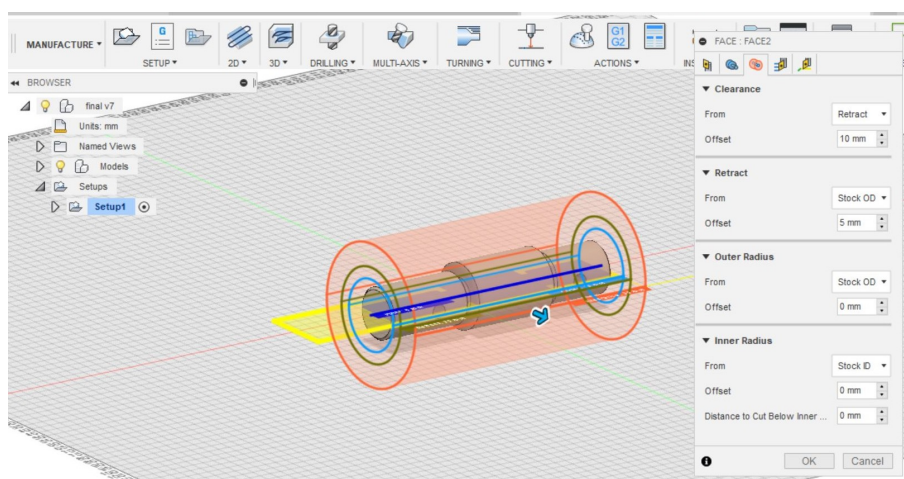


Figura 99: Janela *Radii*, para introdução das dimensões a maquinar.

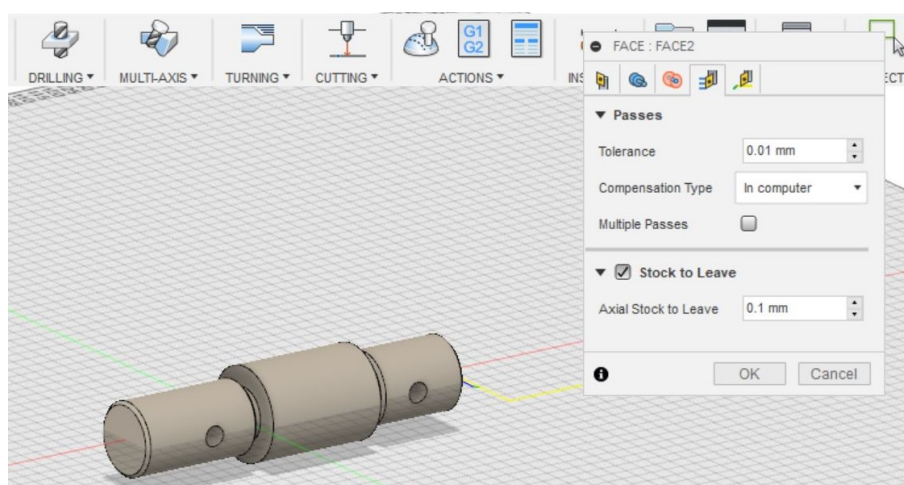


Figura 100: Janela *Passes*, para introdução do número de passes e sobre-espessura para acabamento.

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

No momento em que todas as operações estiveram totalmente criadas, o programa permitiu realizar um vídeo com a simulação da sequência de maquinagem que se fez. Esta ferramenta, *Simulation*, Figura 102, é muito útil para se ter a percepção dos movimentos das ferramentas durante a produção, do tempo total de maquinagem e do tempo individual de cada operação e para se verificar se alguma ferramenta colidia com o componente em algum momento. Assim, foi possível ajustar a sequência de maquinagem, a escolha das ferramentas e dos parâmetros de corte sem que se necessitasse de testar na máquina algum protótipo.

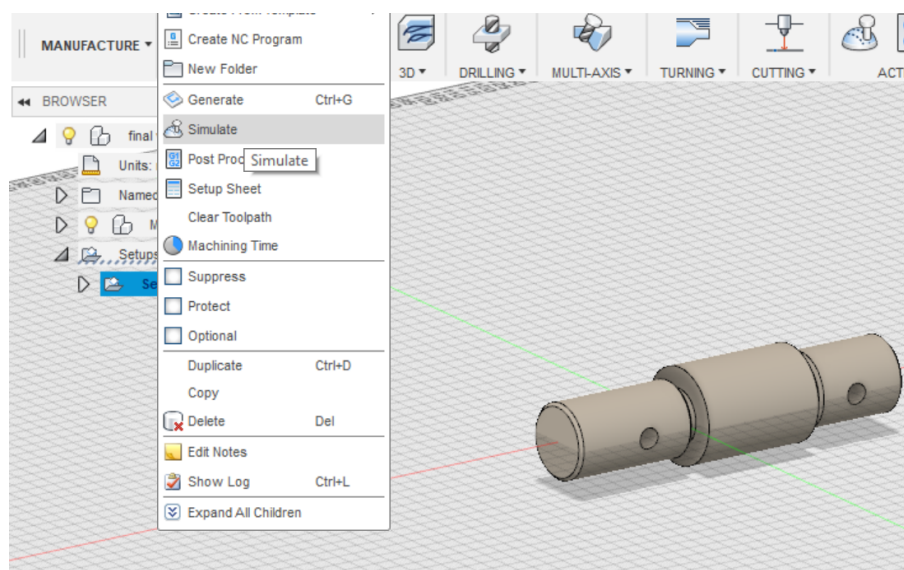


Figura 101: Menu do Step para escolha de *Simulação*.

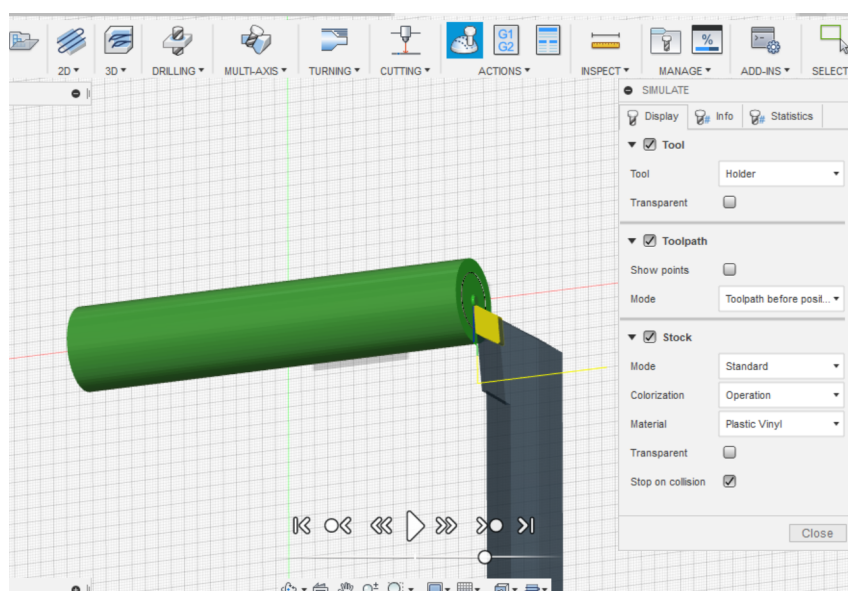


Figura 102: Simulação CAM da sequência de maquinagem.

Encontra-se na Tabela 41 a sequência de maquinagem realizada.

De forma sucinta, são enumeradas as ferramentas selecionadas:

1. Sandvik Coromant: DCMT 11 T3 08-PM 4325
Pastilha para torneamento em
Metal duro com proteção CVD TICN+AL₂O₃+TIN
Raio de ponta 0,8mm
Preço estimado: 11,05€;

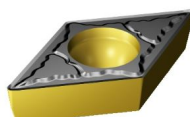


Figura 103: Sandvik Coromant: DCMT 11 T3 08 - PM 4325 [54].

2. Sandvik Coromant: DCMX 11 T3 04 - WF 5015
Pastilha para torneamento em
Metal duro
Raio de ponta 0,4mm
Preço estimado: 11,10€;

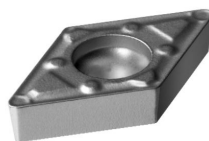
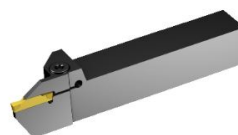


Figura 104: Sandvik Coromant: DCMX 11 T3 04 - WF 5015 [54].

3. Ferro de ranhurar CoroCut[®] (RF123G20-2525B) e pastilha T-Max[®] Q-Cut (N151.2-300-7E 1125)
Metal duro com proteção PVD (Ti,Al)N
Largura de corte 3mm
Preço estimado da pastilha: 13,35€;



(a) Pastilha



(b) Ferramenta

Figura 105: Sandvik Coromant: CoroCut[®] e pastilha T-Max[®] Q-Cut [54].

4. Broca helicoidal GARANT $\phi 6mm$
Metal duro maciço
Preço estimado: 26,80€;



Figura 106: Broca helicoidal GARANT $\phi 6mm$ [55].

5. Broca de ponto Horex $\phi 3,15mm$
Aço rápido (HSS)
Preço estimado: 3,02€;



Figura 107: Broca de ponto Horex $\phi 3,15mm$ [55].

Tendo em conta o custo das ferramentas, do torno ST10Y e dos seus acessórios, estimou-se de forma aproximada o investimento necessário para a maquinagem deste componente. Esse valor ronda os 81.490€.

Note-se que devido ao facto do veio ser esbelto é necessário utilizar contra-ponto na maquinagem do mesmo, a fim de se diminuir a vibração da peça durante o corte de material.

Relativamente ao acabamento da superfície, no desenho de definição do componente CTMBSH foi assumida uma rugosidade geral de $1,6\mu m$. A rugosidade de qualquer superfície maquinada depende dos parâmetros de corte selecionados e da geometria da ferramenta de corte. Uma forma rápida de obter uma indicação da rugosidade de uma superfície maquinada passa pelo cálculo da expressão 34. Esta relaciona diretamente o parâmetro R_a (rugosidade média) com o avanço selecionado (f) e o raio de ponta da ferramenta (r_e) utilizada na operação de maquinagem [56].

$$R_a = \frac{0,0321 \times f^2}{r_e} \quad (34)$$

Chama-se à atenção para o facto de, na maquinagem do componente CTMBSH, não se ter selecionado os valores para os parâmetros de corte tendo em conta este requisito de acabamento superficial.

No início deste capítulo foi dito que a peça teve de ser alterada para que pudesse ser maquinada num torno HAAS com as ferramentas que a empresa tinha disponíveis.

Assim sendo, foi necessário alterar a dimensão das ranhuras do veio de $2mm$ para $3mm$ porque o ferro de ranhurar existente possuía $3mm$ de largura. Os furos para o alojamento dos pinos eram, inicialmente, furos cónicos para serem acoplados pinos cónicos. Contudo, o toleranciamento necessário era apertado e tinham de se abrir os furos com uma broca de diâmetro inferior a $6mm$ e usar um mandril cónico para se obter o furo desejado. Como não se dispunha de mandril cónico para realizar o furo, optou-se por alterar o pino escolhido, para um elástico que possuía tolerâncias mais largas permitindo que o furo pudesse ser realizado diretamente com uma broca de diâmetro $6mm$.

Também se alterou o material em bruto inicial. Para diminuir o desperdício de material considerou-se que o comprimento de $130mm$ seria suficiente para maquinar a peça. No entanto,

tendo em conta o ponto de aperto do material na bucha e o tamanho do suporte da broca necessária para realizar os furos através de live tooling, num torno ST10Y, percebeu-se que só seria possível produzir a peça se o bloco inicial tivesse, no mínimo, $150mm$ de comprimento. Por esta razão, aumentou-se o comprimento da matéria-prima para $150mm$.

O produto final do veio seletor do mecanismo de seleção de base, obtido por maquinagem, é apresentado na Figura 108.

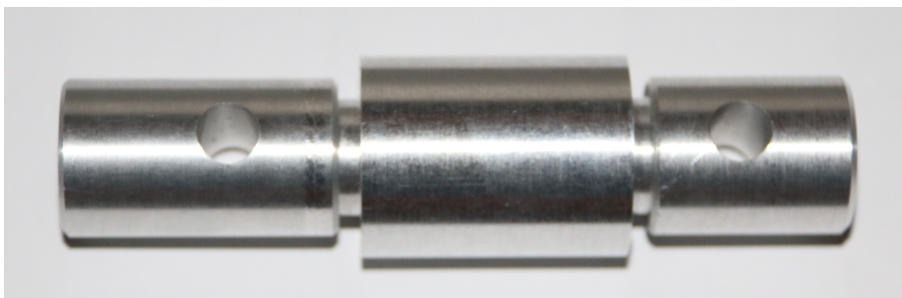


Figura 108: Veio seletor do mecanismo de seleção de base - produto final (peça exemplificativa).

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 41: Sequência de maquinagem do componente CTMBSH.

Fase	Operação	Descrição
10	1	Corte do varão no serrote mecânico Makimak S2C450 com comprimento = 150mm.
20	1	Fixação da peça no torno com bucha de pinças.
	2	Facejamento com ferramenta CoroTurn® 107 e pastilha em metal duro com proteção CVD TiCN+AL2O3+TiN, com raio de ponta 0,8mm. $vc = 200m/min$, $f = 0,2mm/rotação$
	3	Furo de centragem com broca de ponto em aço rápido da Horex, para fixação de um contra-ponto.
	4	Torneamento em desbaste com ferramenta CoroTurn® 107 e pastilha em metal duro com proteção CVD TiCN+AL2O3+TiN, com raio de ponta 0,8mm, deixando 0,5mm para acabamento. $vc = 200m/min$, $f = 0,2mm/rotação$, $ap = 0,5mm$
	5	Ranhurar até $\phi 16$ com ferramenta de ranhurar exterior, CoroCut® e pastilha T-Max® Q-Cut em metal duro com proteção PVD (Ti,Al)N. $vc = 200m/min$, $f = 0,08mm/rotação$
	6	Chafrear com ferramenta de ranhurar exterior, CoroCut® e pastilha T-Max® Q-Cut em metal duro com proteção PVD (Ti,Al)N. $vc = 200m/min$, $f = 0,08mm/rotação$
	7	Ranhurar e chafrear com ferramenta de ranhurar exterior, CoroCut® e pastilha T-Max® Q-Cut em metal duro com proteção PVD (Ti,Al)N, deixando 0,5mm para acabamento. $vc = 200m/min$, $f = 0,08mm/rotação$
	8	Ranhurar até $\phi 16$ e chanfrar com ferramenta de ranhurar exterior, CoroCut® e pastilha T-Max® Q-Cut em metal duro com proteção PVD (Ti,Al)N. $vc = 200m/min$, $f = 0,08mm/rotação$
	9	Furação passante $\phi 6$ com broca helicoidal em metal duro, Garant. $vc = 75,4m/min$, $f = 0,11mm/rotação$
	10	Torneamento em acabamento com ferramenta CoroTurn® 107 e pastilha em metal duro, com raio de ponta 0,4mm. $vc = 275m/min$, $f = 0,2mm/rotação$, $ap = 0,5mm$
	11	Sangrar com ferramenta de ranhurar exterior, CoroCut® e pastilha T-Max® Q-Cut em metal duro com proteção PVD (Ti,Al)N. $vc = 200m/min$ (valor inicial de corte que é ajustado pela máquina à medida que o diâmetro diminui), $f = 0,08mm/rotação$

Página intencionalmente em branco

7 Implementação da FMECA a um subsistema do projeto

Tal como foi referido na secção 2.6 RAMS, FMEA e FMECA, no presente capítulo são detalhadas as etapas da FMECA. Após a sua definição, é apresentado o processo de realização da FMECA para um subsistema do projeto. Ainda que todos os subsistemas se encontrem interligados e a aplicação da FMECA deva ser realizada para todos os componentes, na presente dissertação apenas é realizada para os componentes de um subsistema selecionado. Isto acontece, pois não é viável atender a todos os pormenores deste processo, devido à escassez de tempo. Por outro lado, a implementação do processo teve como objetivo dotar o aluno de conhecimentos fundamentais sobre este assunto, partindo-se do pressuposto de que, como o processo é repetitivo, a aplicação do mesmo a todo o cabeçote seria redundante.

Efetivamente, é importante implementar a metodologia FMECA desde as primeiras fases de design do projeto, porque é nelas que se tem maior impacto na fiabilidade do equipamento. Pode-se dividir a FMECA em 3 tipos: *Design FMECA (DFMECA)*, *Process FMECA (PFMECA)* e *System FMECA (SFMECA)* [36].

A FMECA de projeto (DFMECA) tem o objetivo de eliminar as falhas que surgem durante o design do produto, tendo em conta os tipos de falha que podem ocorrer durante todo o ciclo de vida. A FMECA de processo (PFMECA) é utilizada para assegurar que todos os modos de falha foram tidos em consideração, bem como os seus efeitos, antes da produção do equipamento. A FMECA de sistema (SFMECA) procura potenciais problemas em sistemas mais complexos, como por exemplo, linhas de produção [32, 36].

É importante realçar que esta técnica pode ser realizada através de duas abordagens distintas: a "bottom-up"(base-topo) e a "top-down"(topo-base). Nesta dissertação optou-se pela abordagem "bottom-up"(base-topo), uma vez que o conceito do projeto já se encontra definido. Esta abordagem estuda todos os componentes do equipamento, do nível mais baixo do diagrama hierárquico, o que permite a análise total a todos os componentes do equipamento. Por sua vez, a abordagem "top-down"(topo-base) é utilizada quando o projeto ainda se encontra na fase de design e a estrutura do mesmo não está totalmente definida. Começa por se analisar as funções do sistema, de forma a perceber como estas poderão falhar e os efeitos sobre o equipamento. Não é uma análise que tenha de ser feita a todos os componentes do projeto e, por isso, é muitas vezes usada em produtos já existentes e focada em áreas específicas [36].

7.1 Etapas da metodologia FMECA

7.1.1 Seleção do equipamento a ser analisado

Existem diferentes fatores que influenciam a escolha do equipamento a ser analisado:

- criticidade do equipamento a ser produzido;
- segurança de pessoas e bens;
- impacto ambiental dos efeitos dos modos de falha;
- impacto na imagem da empresa fornecedora [32].

7.1.2 Criação do diagrama hierárquico de blocos

É necessário definir um diagrama hierárquico de blocos do equipamento para se determinar a taxa de falhas. Designe-se o equipamento por sistema a ser analisado. Para criar o diagrama hierárquico é necessário decompor o sistema em módulos (subsistemas) e sub-módulos até aos componentes. Para que a divisão seja simplificada devem seguir-se algumas regras:

- realizar a divisão em três ou quatro níveis no máximo;
- o último elemento da estrutura deve ser o componente;
- usar a mesma definição para itens idênticos;
- manter a mesma definição ao longo de todos os documentos do projeto;
- evitar modificações sucessivas após a definição da primeira estrutura [32].

7.1.3 Definição da função de cada componente

Nesta etapa descreve-se a função de cada componente no contexto do funcionamento do equipamento. Quando se referencia um componente é importante associar o código correspondente ao módulo e ao sub-módulo a que pertence [32].

7.1.4 Identificação dos potenciais modos de falha

Um modo de falha de um componente traduz a forma como este falha. É um incumprimento dos seus requisitos funcionais. Para se definir os modos de falha deve-se questionar o que poderá correr mal no processo de fabrico, colocar-se na posição do cliente e perceber que eventuais queixas poderá ele apresentar sobre o produto [32].

7.1.5 Determinação da taxa de falhas para cada modo de falha

Para determinar a taxa de falhas de um componente, através do método de previsão, é preciso definir se este é elétrico, eletrónico ou mecânico. Todos os componentes do cabeçote são mecânicos e, a previsão da taxa de falhas para estes, é mais difícil de ser determinada do que para os eletrónicos. Isto deve-se ao facto de existir uma grande dispersão da taxa de falhas em componentes semelhantes. Esta dispersão resulta de fatores como: a execução de diferentes funções pelo mesmo componente, a fiabilidade destes ser mais sensível à carga do que os eletrónicos e a definição de falha depender da sua aplicação específica [32].

O cálculo da taxa de falhas de um componente (λ) segue um modelo matemático, que depende do tipo de componente a ser avaliado [32]. Estes modelos matemáticos encontram-se disponíveis em bases de dados criadas, especificamente, para a aplicação da FMECA.

A dificuldade em obter a taxa de falhas para elementos mecânicos prova que é necessário desenvolver modelos de previsão de fiabilidade, que não dependam apenas de taxas de falhas já verificadas, existentes em bases de dados [57].

7.1.6 Identificação das causas de cada modo de falha

Identificar as causas de cada modo de falha permite determinar que circunstâncias levaram à ocorrência de cada um. Cada modo de falha pode ter mais do que uma causa diferente, mas só será possível eliminá-lo, se percebermos qual a sua origem efetiva [32].

7.1.7 Análise dos efeitos de cada modo de falha

Nesta etapa determina-se o que acontece após a ocorrência de um modo de falha, ou seja, as repercussões que terá no componente e nos níveis hierarquicamente acima dele. Por esta razão, são determinados os efeitos locais (limitado a um modo de falha específico), os efeitos no nível anterior (é necessário conhecer as funções dos sistemas aos quais os componentes estão ligados) e os efeitos finais (ao nível da operação do sistema) [32].

O efeito final é determinado para se ficar a conhecer a criticidade do modo de falha durante a operação do equipamento (se impede ou não a disponibilidade do sistema para fabrico ou se tem implicações na segurança ou impacto ambiental). Para isso, é necessário saber a função e os modos de falha de cada componente, a sua interligação e ainda as funções que realizam em conjunto [32].

7.1.8 Atribuição da categoria de severidade a cada modo de falha

Segundo as normas militares MIL-STD-1629A e MIL-STD-882, a severidade é definida como o grau de gravidade que os modos de falha provocam nas pessoas, no equipamento e no meio ambiente. É importantíssimo que se estabeleçam os níveis de gravidade das situações de perigo potencial e as respetivas consequências. O número de níveis, a escala numérica ou as respetivas consequências são definidos pela entidade avaliadora para o caso de estudo [32].

Também pode ser definido um grau de severidade para cada modo de falha, que quantifica o nível de insatisfação do cliente, face ao seu efeito sobre o sistema. Os níveis de severidade variam entre 1 e 10, sendo 1 o de menor severidade e 10 o de maior e podem ser consultados na Tabela 53 do Anexo P [32].

7.1.9 Determinação da criticidade de cada modo de falha

A criticidade de cada modo de falha (C_m) depende da probabilidade de perda de função (β), da percentagem da contribuição do modo de falha para a avaria do componente (α), da taxa de falhas base do modo de avaria do componente (λ_p) e do tempo de funcionamento (t), segundo a equação 35 [32].

$$C_m = \beta \cdot \alpha \cdot \lambda_p \cdot t \quad (35)$$

Para se obter a criticidade de cada modo de falha, ao nível do efeito final, utiliza-se a equação 36, que não é mais do que a soma da criticidade dos diversos modos de falha que levam a esse efeito [32].

$$C_m = \sum_{i=1}^m (\beta \cdot \alpha \cdot \lambda_p \cdot t) \quad (36)$$

Onde m é o número total de modos de falha.

Também é usual calcular-se o nível de criticidade de cada modo de falha. Esta é uma forma de classificar o risco e pode ser realizada através de uma *Matriz de Risco* ou do *Grau de Prioridade de Risco* (RPN - *Risk Priority Number*) [36].

A matriz de risco depende da frequência e da severidade do modo de falha. Na Figura 109 encontra-se uma ilustração dessa matriz. **ALARP** significa "*As Low As Reasonably Practible*" e é um princípio de aceitação de risco [58].

Frequência/ Severidade	1 Improvável	2 Remota	3 Ocasional	4 Provável	5 Frequente
Catastrófico					
Crítico					
Marginal					
Insignificante					

	Aceitável – Considerando apenas ações ALARP
	Aceitável – Utilizando o princípio ALARP, considerando investigações adicionais
	Inaceitável – Necessárias medidas de redução de risco

Figura 109: Matriz de risco (Adaptado de [36]).

O RPN é uma alternativa à matriz de risco e é obtido pelo produto dos valores da severidade (S), da frequência de ocorrência (O) e do nível de detecção (D), equação 37.

$$RPN = S \times O \times D \quad (37)$$

Os três valores variam entre 1 e 10 e, quanto menor for o valor do RPN, melhor. A classificação destas três variáveis depende da aplicação e da formulação da FMECA utilizada, podendo ter significados distintos em cada FMECA. Efetivamente, são classificações subjetivas, já que cada referência as divide em conformidade com os seus parâmetros ideais. Na realização desta dissertação considerou-se a utilização da classificação apresentada nas Tabelas 53, 54 e 55 do Anexo P, segundo a referência [32].

Para a determinação da criticidade, em função do RPN, considerou-se a Tabela 42 adaptada da referência [59].

Tabela 42: Criticidade em função do RPN [59].

	Criticidade	Risco
A	Alta	$RPN > 500$
B	Média	$100 < RPN \leq 500$
C	Baixa	$50 < RPN \leq 100$
D	Muito baixa	$10 < RPN \leq 50$
E	Não classificada	$RPN \leq 10$

7.1.10 Ordenação dos modos de falha

A partir da conjugação da criticidade e da severidade de cada modo de falha é possível a sua ordenação [32]. Desta forma, distinguem-se facilmente quais os modos de falha mais preocupantes.

7.1.11 Indicação de ações de correção e prevenção

De forma a eliminar ou travar a causa do modo de falha, são definidas ações preventivas, que podem ser sistemáticas ou condicionadas.

As sistemáticas realizam-se periodicamente, tendo em consideração o conhecimento da lei de degradação dos componentes. São efetuadas para repor as condições nominais dos componentes, implicando, por isso, atividades de restauro.

As condicionadas executam-se de forma contínua e periódica através de técnicas de controlo da condição (análise de vibrações, contaminantes nos óleos, e temperatura, entre outros) [32].

7.2 Aplicação da FMECA ao subsistema

Uma vez que o cabeçote não se insere, neste momento, em nenhum conjunto de equipamentos, o sistema a analisar está automaticamente selecionado: o próprio cabeçote.

Deste modo, pode seguir-se diretamente para a segunda etapa do processo e definir o diagrama hierárquico de blocos. Optou-se por dividir o sistema em 6 subsistemas ou módulos. Uma vez que se deve utilizar os mesmos códigos para referenciar os componentes em todos os documentos do projeto, os códigos dos módulos, sub-módulos e componentes têm por base a codificação utilizada na realização dos desenhos.

Na Figura 110 é apresentado o diagrama hierárquico de blocos, definido para este equipamento. O módulo de transmissão intermédia de potência apresenta 2 sub-módulos, os trens de engrenagens dos mecanismos de seleção. O módulo de lubrificação também se divide em dois sub-módulos que distinguem os acessórios de lubrificação que se encontram na tampa superior dos que são inseridos no cárter. Todos os restantes módulos são diretamente decompostos nos seus componentes.

O subsistema que se pretende analisar é o Módulo de Entrada de Potência, pelo que foi, também, criado um diagrama hierárquico deste módulo. Uma aplicação total da FMECA, a este

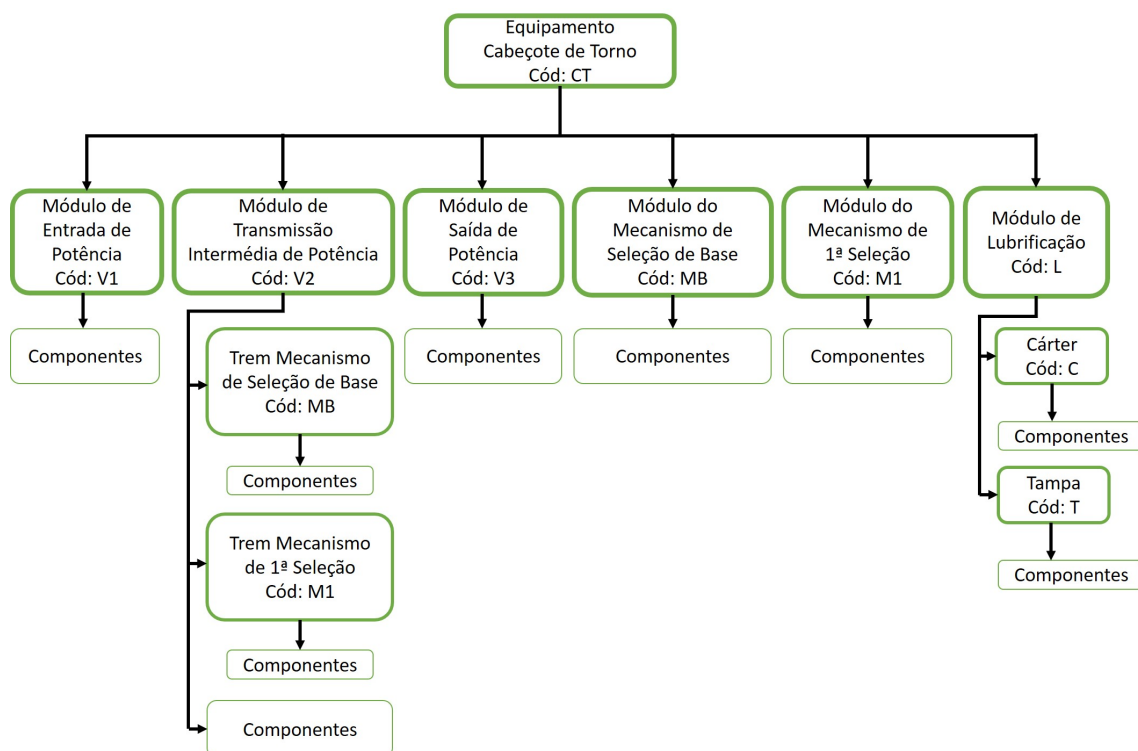


Figura 110: Diagrama hierárquico de blocos do cabeçote de torno.

equipamento, obrigaria à criação dos diagramas hierárquicos de cada módulo, para serem incluídos num documento geral. Por esta razão, fez-se uma possível formatação da folha que contém o diagrama do módulo V1, Figura 111.

Os dados utilizados para a realização do FMECA do módulo escolhido foram retirados do livro *Handbook of Reliability Prediction Procedures for Mechanical Equipment* [57]. Neste manual encontra-se informação sobre os potenciais modos de falha de diversos componentes e ainda as suas causas e efeitos. Também permite calcular, analiticamente, o valor da taxa de falha de cada peça. No entanto, este cálculo não foi realizado porque, não se possuíam dados históricos viáveis do equipamento em questão. Efetivamente, algumas bases de dados como a da *OREDA*, fornecem valores da taxa de falhas, da probabilidade de perda de função e da percentagem de contribuição do modo de falha para a avaria do componente. Contudo, essa base de dados não possui valores destas variáveis (valores estatísticos) para o caso em estudo.

Assim sendo, ao invés de arbitrar valores para a realização desses cálculos, optou-se por calcular a criticidade partindo do grau de prioridade de risco (RPN). Os níveis de severidade, ocorrência e deteção foram selecionados como uma primeira indicação do que se considerou válido. De facto, estes valores necessitariam de ser tratados de forma mais aprofundada, a partir do momento em que se possuísse dados históricos do equipamento. Nessa altura, conseguir-se-ia concluir se estes parâmetros seriam mais ou menos gravosos do que aquilo que foi considerado.

Note-se que uma severidade elevada não tem forçosamente de conduzir a um nível de criticidade elevado pois, quanto mais fácil for detetar o modo de falha e menor for a sua ocorrência, menos crítico ele será, ainda que possa ser muito severo. Entende-se, por isso, que os valores escolhidos para os níveis de severidade, ocorrência e deteção, isolados, podem não transparecer a

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Equipamento: Cabeçote Torno			Módulo:			Autor: Andreia Santos			Data: 08/06/2019		
Modelo: Equip. N°: CT			Ficheiro:			Revisto por:			Folha:		
Cód.	Módulo	QTD	Cód.	Sub-módulo/ componente	QTD	Cód.	Sub-módulo/ componente	QTD	Cód.	Sub-módulo/ componente	QTD
V1	Entrada de Potência	1									
			SH	Veio de entrada	1						
			M	Acoplamento	1						
			C	Casquilhos	2						
			MBZ	Engrenagens	3						
			V	Vedantes	1						
			CH	Chavetas	3						
			R	Rolamento rígido de esferas	2						
			AE	Anéis elásticos	2						
			T	Tampa	1						

Figura 111: Diagrama hierárquico do módulo de entrada de potência.

criticidade de um modo de falha, tendo em conta os critérios utilizados para a seleção dos mesmos.

Deste modo, é apresentada a FMECA produzida para o módulo de entrada de potência nas Tabelas 43, 44, 45, 46, 47 e 48. Aí, também são apresentadas possíveis ações preventivas a realizar, para mitigar ou eliminar os diversos modos de falha.

Uma ressalva importante é a de que se selecionaram níveis de severidade elevados para aqueles modos de falha que pudessem provocar a paragem do equipamento. Ou seja, ainda que alguns destes não apresentassem grande impacto no componente, podiam não permitir a transmissão de binário até à saída do cabeçote. Assim, para os casos em que se considerou que a transmissão de binário não era assegurada, mesmo que isso não fosse gravoso para o operador, escolheram-se os níveis de severidade mais altos.

Deste modo, analisando de forma geral a FMECA realizada conclui-se que o nível de criticidade máxima atingido é o B, isto é, criticidade média. Dos modos de falha analisados, aqueles que apresentaram criticidade média foram: deformação elástica excessiva e fratura do veio, dano por fadiga dos rolamentos, modos de falha das engrenagens e danos das chavetas por corte ou cargas axiais elevadas.

Os modos de falha mais críticos são aqueles que necessitam de uma manutenção preventiva mais eficiente, e corretiva mais rápida. Por essa razão, devem ser tomadas medidas mais eficazes, na prevenção destes modos de falha, nas primeiras fases de projeto deste equipamento.

7. Implementação da FMECA a um subsistema do projeto

Tabela 43: Implementação da FMECA ao módulo Entrada de Potência (Parte I).

Cód.	Subsistema/ Componente	Função		Modo de Falha		Causas da Falha		Efeitos da Falha		
		Nº	Descrição	Nº	Descrição	Nº	Descrição	Efeito Local da Falha	Efeito no Módulo	Efeito no Sistema
CTV/ISH	Veio de entrada	1	Transmitir potência/ Transmitir binário de um elemento para outro no veio	1	Deformação elástica excessiva do veio	1	Flexão excessiva	-Perda de cilindricidade ao longo do veio -Colapso do veio	-Desalinhamento dos pontos de engrenamento das engrenagens do veio -Distribuição não uniforme da carga nos dentes da engrenagem -Aumenta o desgaste das rodas -Não é realizada a função de transmissão de movimento	-Transmissão deficiente de binário e potência -Degradação dos outros órgãos mecânicos -Não há transmissão de movimento -Equipamento parado
				2	Danos realizados na montagem e manutenção	2	Danos realizados na montagem e manutenção			
				1	Flexão excessiva	1	Flexão excessiva			
				2	Sobrecarga	2	Sobrecarga			
				3	Danos realizados na manutenção	3	Danos realizados na manutenção			
				4	Concentração de tensões em escatéis e variações de diâmetro	4	Concentração de tensões em escatéis e variações de diâmetro			
				5	"Gripagem" de rolamentos	5	"Gripagem" de rolamentos			
CTV/IV	Vedante labial com raspador	1	Impedir a fuga do lubrificante	2	Fuga	6	Velocidade de rotação superior à velocidade crítica	-Aumento de fricção entre o vedante e o veio e a tampa -Deterioração do vedante -Desgaste do veio -Desgaste da borricha do vedante -Pressão excessiva sobre o vedante	-Vibração e ruído -Desgaste do veio -Vedação não assegurada -Desgaste do veio	-Perda de lubrificação
				1	Desgaste devido a desalinhamentos	1	Desgaste devido a desalinhamentos			
				2	Montagem incorreta do vedante	2	Montagem incorreta do vedante			
				3	Fragilização do vedante devido a sobre-aquecimentos	3	Fragilização do vedante devido a sobre-aquecimentos			
				4	Lubrificação insuficiente	4	Lubrificação insuficiente			
				5	Desgaste por contaminantes sólidos	5	Desgaste por contaminantes sólidos			
				6	Danos provocados na montagem	6	Danos provocados na montagem			

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 44: Implementação da FMECA ao módulo Entrada de Potência (Parte II).

Cód.	Subsistema/ Componente	Função		Modo de Falha		Causas da Falha			Criticidade				Ações recomendadas
		Nº	Descrição	Nº	Descrição	Nº	Descrição	S	O	D	RPN	Nível	
CTV I SH	Veio de entrada	1	Transmitir potência/ Transmitir binário de um elemento para outro no veio	1	Deformação elástica excessiva do veio	1	Flexão excessiva	7	4	6	168	B	Monitorizar flecha e reavaliar alterações ao projeto para diminuição da flecha
						2	Danos realizados na montagem e manutenção	7	4	4	112	B	Cuidados durante a montagem e reparação do componente
				2	Fratura do veio	1	Flexão excessiva	8	4	6	192	B	Monitorizar flecha e reavaliar alterações ao projeto para diminuição da flecha
						2	Sobrecarga	8	3	6	144	B	Investigar origem da sobrecarga e eliminá-la
						3	Danos realizados na manutenção	8	4	4	128	B	Cuidados durante a montagem e reparação do componente
						4	Concentração de tensões em escatéis e variações de diâmetro	8	5	7	280	B	Reavaliar e otimizar o projeto para diminuir a concentração de tensões
CTV IV	Vedante labial com raspador	1	Impedir a fuga do lubrificante	1	Fuga	5	"Gripagem" de rolamentos	8	2	5	80	C	Monitorização permanente da vibração, da temperatura e do óleo no sistema
						6	Velocidade de rotação superior à velocidade crítica	8	3	7	168	B	Controlar a velocidade de rotação abaixo da crítica
						1	Desgaste devido a desalinhamentos	3	3	5	45	D	Monitorização permanente das vibrações
						2	Montagem incorreta do vedante	3	3	5	45	D	Controlar o processo de montagem
						3	Fragilização do vedante devido a sobre-aquecimentos	3	3	5	45	D	Monitorização permanente da temperatura
						4	Lubrificação insuficiente	3	3	5	45	D	Monitorização permanente do nível de lubrificante
						5	Desgaste por contaminantes sólidos	3	3	5	45	D	Analisar o óleo lubrificante com regularidade e trocá-lo com frequência
						6	Danos provocados na montagem	3	3	5	45	D	Cuidados durante a montagem

Tabela 45: Implementação da FMECA ao módulo Entrada de Potência (Parte III).

Cód.	Subsistema/ Componente	Função		Modo de Falha		Causas da Falha		Efeitos da Falha		Efeito no Sistema					
		Nº	Descrição	Nº	Descrição	Nº	Descrição	Efeito Local da Falha	Efeito no Módulo						
CTVIR	Rolamentos	1	Realizar a adaptação cinemática entre os órgãos mecânicos	1	Dano por fadiga	1	Velocidade excessiva	-Instabilidade do movimento relativo entre as esferas e os anéis	-Vibração dos outros órgãos mecânicos	-Sistema instável					
				2	Vibração excessiva	2	Vibração excessiva								
						3	Cargas de impacto								
				1	Desalinhamento do veio	-Degradação das esferas e dos anéis	-Desgaste do veio e do alojamento								
									2		Alojamento não redondo				
				3	Ruído e sobre-aquecimento	1	Desgaste por partículas sólidas	-"Críspgem" -Destruição do rolamento	-Desgaste do veio e do alojamento -Destruição do veio						
						2	Elevada temperatura durante o serviço								
						3	Lubrificação insuficiente								
				CTVIMBZ	Engrenagens	1	Realizar a redução de velocidade entre os andares de transmissão de potência	1	Corrosão por pitting e micropitting		1	Lubrificação insuficiente	-Deterioração da superfície do dentado	-Geração de partículas abrasivas para os outros componentes	-Transmissão irregular do movimento -Redução incorreta de velocidade
								2	Avaria por Scuffing (arranhões)		1	Lubrificação insuficiente				-Desgaste e possível quebra dos dentes
3	Dano por fadiga	1	Elevadas tensões de fadiga							-Fratura dos dentes -Deterioração da superfície do dentado					
4	Deformação plástica	1	Carga excessiva - tensão limite elástico excedida					-Deterioração da superfície do dentado -Vibração da engrenagem -Geração de ruído	-Vibração dos outros componentes -Ruído						
5	Desgaste por abrasão	1	Partículas sólidas provenientes de outros componentes que se encontram no lubrificante					-Vibração da engrenagem -Geração de ruído -Pode ocorrer Scoring	-Geração de partículas abrasivas para os outros componentes						

7. Implementação da FMECA a um subsistema do projeto

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Tabela 46: Implementação da FMECA ao módulo Entrada de Potência (Parte IV).

Cód.	Subsistema/ Componente	Função		Modo de Falha		Causas da Falha		Críticidade				Ações recomendadas
		Nº	Descrição	Nº	Descrição	Nº	Descrição	S	O	D	RPN	
CTVIR	Rolamentos	1	Realizar a adaptação cinemática entre os órgãos mecânicos	1	Dano por fadiga	1	Velocidade excessiva	6	3	6	108	Controlar a velocidade
						2	Vibração excessiva	6	3	6	108	Monitorizar permanentemente a vibração
				3	Cargas de impacto			6	3	6	108	Avaliar a origem das cargas de impacto para as mitigar
				1	Desalinhamento do veio			6	3	5	90	Revisão do projeto para mitigar a vibração
				2	Alojamento não redondo			6	3	5	90	
				1	Desgaste por partículas sólidas			8	4	3	96	Analisar o óleo lubrificante com regularidade e trocá-lo com frequência
				2	Elevada temperatura durante o serviço			8	4	3	96	Monitorizar velocidade e vibrações
				3	Lubrificação insuficiente			8	4	3	96	Analisar possíveis fugas e eliminá-las
CTVIMBZ	Engrenagens	1	Realizar a redução de velocidade entre os andares de transmissão de potência	1	Corrosão por pitting e micropitting			8	5	3	120	Monitorização da lubrificação e da vibração
				2	Avaria por Scuffing (arranhões)			8	5	3	120	
				3	Dano por fadiga			8	5	3	120	
				4	Deformação plástica			8	4	6	192	
				1	Carga excessiva - tensão limite elástico excedida			6	4	6	144	
				5	Desgaste por abrasão			8	4	5	160	B

7. Implementação da FMECA a um subsistema do projeto

Tabela 47: Implementação da FMECA ao módulo Entrada de Potência (Parte V).

Cód.	Subsistema/ Componente	Função		Modo de Falha		Causas da Falha		Efeitos da Falha		Efeito no Sistema
		Nº	Descrição	Nº	Descrição	Nº	Descrição	Efeito Local da Falha	Efeito no Módulo	
CTV/CH	Chavetas	1	Transmitir binário entre os veios e as rodas das engrenagens	1	Chaveta solta	1	Escatís muito largos	-Chaveta não é fixa no veio -Geração de ruído	-Não transmite o binário do veio à roda ou vice-versa	-Transmissão de movimento mal efetuada ou não realizada
				2	Esmagamento da chaveta	1	Carga axial excessiva	-Movimento axial dos elementos montados	-Desalinhamento das rodas dentadas	
				3	Chaveta danificada por corte	1	Chaveta solta no veio	-Fratura da chaveta	-Não transmite o binário do veio à roda ou vice-versa	
CTV/IM	Acoplamento	1	Realizar a ligação axial semi-permanente entre dois veios	1	Rotura do elastômero do acoplamento	1	Sobrecarga torsional	-Desalinhamentos e vibrações não absorvidos	-Não é transmitido o binário entre os dois veios	-Transmissão de movimento não realizada
				2	Fadiga do elemento flexível	1	Excessivos arranques e paragens	-Desalinhamentos e vibrações não absorvidos	-Não é transmitido o binário entre os dois veios	
						2	Vibração torsional			
				3	Chaveta solta no veio	1	Picos de sobrecarga torsional	-Chaveta não se encontra fixa no veio	-Não transmite o binário do veio do motor para o veio de entrada do equipamento	

Tabela 48: Implementação da FMECA ao módulo Entrada de Potência (Parte VI).

Cód.	Subsistema/ Componente	Função		Modo de Falha		Causas da Falha		Críticidade				Ações recomendadas	
		Nº	Descrição	Nº	Descrição	Nº	Descrição	S	O	D	RPN		Nível
CTV1CH	Chavetas	1	Transmitir binário entre os veios e as rodas das engrenagens	1	Chaveta solta	1	Escatéis muito largos	5	1	7	35	D	Verificação do toleranciamento e ajuste da chaveta ao escatel
				2	Danificação da chaveta	1	Carga axial excessiva	6	3	7	126	B	
				3	Chaveta danificada por corte	1	Chaveta solta no veio	10	3	5	150	B	
CTV1M	Acoplamento	1	Realizar a ligação axial semi-permanente entre dois veios	1	Rotura do elastómero do acoplamento	1	Carga torsional elevada	8	2	3	48	D	Inspeção periódica do acoplamento
				2	Fadiga do elemento flexível	1	Excessivos arranques e paragens	8	2	5	80	C	
						2	Vibração torsional	8	2	5	80	C	
				3	Chaveta solta no veio	1	Picos de sobrecarga torsional	8	1	7	56	C	Monitorização da carga permanente

Página intencionalmente em branco

8 Conclusões e Trabalhos Futuros

8.1 Conclusões

Após a realização desta dissertação, conclui-se que, com o desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de análise, é possível realizar melhorias significativas num projeto já existente.

Para a otimização do projeto do cabeçote de torno de 6 velocidades com possibilidade de inversão mecânica de velocidade, mantiveram-se o conceito e os princípios seguidos por António Carneiro relativamente ao design geral do cabeçote. As principais alterações realizadas tiveram como objetivo obter uma solução para a cadeia cinemática funcional, considerando a remoção do mecanismo de inversão mecânica de velocidade.

Através da utilização do software KISSsoft®, determinou-se a solução cinemática capaz de satisfazer os requisitos funcionais e de design adotados por António Carneiro. A partir dessa solução concluiu-se que para conjugar o requisito de 1% de flecha máxima nos pontos de engrenamento, com os requisitos relativos às 6 velocidades de saída do cabeçote, no tempo de realização desta dissertação, foi necessário relaxar outros. Relaxou-se, por exemplo, a vida dos rolamentos de rolos cónicos e a potência dissipada pelos mesmos. De facto, foi possível perceber que no projeto de máquinas de alta exigência, é muito complicado cumprir-se a totalidade dos requisitos, uma vez que a diversidade dos modos de operação do equipamento leva a soluções ótimas distintas para cada caso.

De modo a se manter o design estrutural do projeto de António Carneiro, no desenvolvimento do produto teve-se em conta algumas alterações que poderiam ser efetuadas por forma a facilitar a produção do equipamento. Efetivamente, percebeu-se que olhar para um projeto do ponto de vista de fabrico implica proceder-se a modificações importantes no dimensionamento do mesmo. Pode, ainda, obrigar as equipas de projeto e produção a reestruturar o produto. O fundamental é obter um equipamento funcional, de simples produção e de baixo custo.

Esta dissertação permitiu compreender as diferentes etapas que têm de ser consideradas entre a criação do desenho de definição de um componente e a sua produção. Nestas etapas, é preciso definir as máquinas e as ferramentas necessárias para o fabrico da peça, bem como delinear a sequência do processo produtivo de forma clara para que todas as equipas de trabalho possam obter informação rápida e direta desse processo.

Aquando do projeto de um equipamento, para além dos aspetos funcionais e de fabrico do mesmo, é necessário considerar a manutenção, fase do seu ciclo de vida, como um dos principais pontos de extensão da sua vida útil. Assim, com a implementação do método de análise crítica de falhas, FMECA, foi possível ter a perceção de que, encontrar os pontos críticos de um produto e definir as suas causas e efeitos, permite criar um plano de manutenção preventiva e corretiva capaz de mitigar ou eliminar os modos de falha detetados.

Por fim, conclui-se que a análise de um projeto existente, tendo em conta o seu processo de produção e o seu ciclo vida, abrange muitas áreas multidisciplinares da engenharia mecânica. Por isso, para a otimização efetiva de um equipamento, é necessário aumentar o conhecimento prático nas mesmas. De facto, em muitas situações, o conhecimento teórico não é suficiente para selecionar o melhor processo de fabrico ou metodologia de trabalho. Assim, a prática operacional torna-se a chave para a produção de um equipamento de forma mais simples, rápida e, por vezes, económica.

8.2 Trabalhos Futuros

Durante a execução deste equipamento, alguns tópicos de projeto não foram analisados e outros necessitavam de ser aprofundados, pelo que são apresentados, de seguida, os aspetos que se consideram relevantes rever, alterar, ou projetar.

- Otimizar a solução da cadeia cinemática obtida por forma a diminuir o sobredimensionamento existente e as perdas de potência;
- Encontrar uma solução ao nível dos rolamentos de rolos cónicos que apresente perdas de potência muito inferiores às que os atuais possuem;
- Realizar uma análise da ligação por interferência entre as rodas dentadas Z7 e Z9, para determinar as temperaturas de arrefecimento e aquecimento das rodas, respetivamente, aquando da montagem e desmontagem das mesmas;
- Rever o processo de produção da árvore do cabeçote, para que seja rentável a sua produção em grandes séries. O forjamento de aço deveria ser um processo estudado;
- Projetar um dispositivo hidráulico para a montagem sob pressão dos rolamentos no cárter, mais indicada do que efetuar a dilatação do cárter;
- Produzir as sequências de maquinagem de todos os componentes a fabricar e escolher os parâmetros de maquinagem mais indicados para cada caso, através do conhecimento de profissionais da área;
- Produzir as folhas de fabrico dos restantes componentes a fabricar;
- Implementar a análise FMECA à totalidade do equipamento;
- Realizar uma análise dinâmica do equipamento, por forma a obter-se informações acerca das velocidades críticas dos veios e de vibrações.

Referências

- [1] **R. Kumar.** *Product Optimization*. Disponível em:<https://pt.slideshare.net/RobinKum/product-optimizationppt>. Último acesso: 2 de junho de 2019. 28/12/2013.
- [2] **HAAS.** *Haas Automation History*. Disponível em:<https://www.haascnc.com/pt/about/history.html>. Último acesso: 8 de maio de 2019.
- [3] **AfterSales.** *Haas Factory Outlet*. Disponível em:http://haasportugal.com/hfo_about. Último acesso: 8 de maio de 2019.
- [4] **A. M. P. de Jesus.** *Fundamentos do Corte Ortogonal de Metais*. DEMec. 2015-2016.
- [5] **M. P. Groover.** *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems, 4th edition*. John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- [6] **CENFIM.** *Corte por Serragem*. Disponível em:https://elearning.iefp.pt/pluginfile.php/48496/mod_resource/content/0/UP0043_CORTE_POR_SERRAGEM.pdf. Último acesso: 12 de maio de 2019.
- [7] **Hypertherm Inc.** *Ferramentas de corte mecânicas*. Disponível em:<https://www.hypertherm.com/pt/learn/cutting-education/mechanical-cutting-tools/>. Último acesso: 12 de maio de 2019.
- [8] **L. Mota.** *Máquinas - Serrote Mecânico CNC*. Disponível em:<https://www.luismota.pt/maquinas/>. Último acesso: 12 de maio de 2019.
- [9] **S. Kalpakjian, S. R. Schmid e K. S. V. Sekar.** *Manufacturing engineering and technology*. Pearson Education South Asia Pte Ltd., 2014.
- [10] **Sandvik Coromant.** *Torneamento geral*. Disponível em:<https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/general-turning/pages/default.aspx>. Último acesso: 12 de maio de 2019.
- [11] **Tech Briefs.** *Sound-Off: What is Live Tooling?* Disponível em:<https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/stories/news/27425>. Último acesso: 12 de maio de 2019. 28/08/2017.
- [12] **M. Rossi.** *Máquinas-herramientas modernas : mandos hidráulicos, métodos de fabricación, herramientas, tiempos de producción*. 8ª. Editorial DOSSAT, 1981.
- [13] **Ebazar.** *Torno Mecânico Turnado 230x1500*. Disponível em:https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-881660241-torno-mecnico-turnado-230x1500-_JM. Último acesso: 14 de maio de 2019.
- [14] **A. M. P. de Jesus e A. Reis.** *Torno e Torneamento*. DEMec. 2016-2017.
- [15] **A. M. P. de Jesus e A. Reis.** *Fresagem e Fresadoras*. DEMec. 2016-2017.
- [16] **Alibaba.** *X6132 horizontal tipo de joelho fresadora universal para venda*. Disponível em:<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/x6132-horizontal-knee-type-universal-milling-machine-for-sale-225670671.html>. Último acesso: 14 de maio de 2019.
- [17] **A. M. P. de Jesus e A. Reis.** *Furação e Furadoras*. DEMec. 2016-2017.

- [18] **M. Fujishima et al.** «Integration of Adaptive Control Functions for Drilling in Intelligent Machine Tools». Em: https://www.researchgate.net/profile/Atsushi_Matsubara3/publication/242784738_Integration_of_Adaptive_Control_Functions_for_Drilling_in_Intelligent_Machine_Tools/links/5461a0940cf27487b45284e8.pdf (2000). Último acesso: 30 de maio de 2019.
- [19] **Evil.** *FURADORA-FRESADORA FTX 45 TF*. Disponível em: <http://www.evil-inox.com/loja/41-engenhos-de-furar/471-furadora-fresadora-ftx-45-tf>. Último acesso: 14 de maio de 2019. 2016.
- [20] **Prada Nargesa.** *Brochadeira Vertical BM25*. Disponível em: <https://www.nargesa.com/pt/maquinas-industriais/brochadeira-vertical-bm25-0>. Último acesso: 13 de maio de 2019. 2012.
- [21] **A. M. P. de Jesus e A. Reis.** *Retificação*. DEMec. 2016-2017.
- [22] **A. T. B. de Oliveira.** «Implantação de Cortadores de Dentes de Engrenagens Tipo Caracol com Pastilhas Intercambiáveis de Metal Duro em Indústria de Redutores Agrícolas». Tese de mestrado. Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, 2017.
- [23] **Mostafa.** *Mechanical Engineering*. Disponível em: https://www.pinterest.pt/mostafa91_007/mechanical-engineering/. Último acesso: 16 de maio de 2019.
- [24] **R. Marat-Mendes.** «Folhas de Apoio à unidade curricular Elementos de Máquinas II - ENGRENAGENS». Em: Instituto Politécnico de Setúbal / Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, 2012. Cap. 7.
- [25] **Sandvik Coromant.** *Fabricação de engrenagens*. Disponível em: <https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/milling/pages/gear-manufacturing.aspx?Country=pt>. Último acesso: 16 de maio de 2019.
- [26] **MCA - Indústria Metalúrgica LTDA.** *InvoMilling™ – Uma solução revolucionária para fresamento de engrenagens*. Disponível em: <http://www.mca.ind.br/noticias/invomilling>. Último acesso: 16 de maio de 2019. 16/12/2014.
- [27] **EMAG GmbH & Co. KG.** *Power Skiving for the Highly Efficient Production of Gears*. Disponível em: <https://www.emag.com/technologies/power-skiving.html>. Último acesso: 16 de maio de 2019.
- [28] **R. J. L. Neto.** *Introdução à fundição*. FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2009.
- [29] **A. B. de Magalhães.** *Introdução à fundição*. FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2009.
- [30] **R. J. L. Neto.** *Processos de Fundição: Moldações Areia / Moldações Metálicas*. FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2017/2018.
- [31] **L. F. M. da Silva, F. J. L. Alves e A. T. Marques.** *Materiais de Construção*. Publindústria, Produção de Comunicação, Lda., 2013.
- [32] **L. A. Ferreira.** *Notas sobre fiabilidade*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016. Cap. Introdução aos conceitos de FMEA e FMECA.

- [33] **L. A. Ferreira.** *RAMS-Reliability, Availability, Maintainability and Safety*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.
- [34] **W. Ansorge.** *RAMS in Scientific-Technical Projects*. RAMS-CON Management Consultants, 2000.
- [35] **J. Vatn.** *What is RAMS and how to use RAMS methodology in maintenance planning?* Norwegian University of Science e Technology / Sintef.
- [36] **M. Rausand.** *System Analysis. Failure Modes, Effects, and Criticaly Analysis*. Norwegian University of Science e Technology / Sintef, 2005.
- [37] **A. M. C. Carneiro.** *Cabeçote de Torno de 6 Velocidades com Possibilidade de Inversão Mecânica de Velocidade*. Rel. téc. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2018.
- [38] **J. A. Almacinha e J. S. Morais.** *Desenho de Construção Mecânica - Apontamentos teórico-práticos*. Secção de Desenho Industrial do DEMec, 2015-2016.
- [39] **B. Watkins.** *Flexibile vs. Rigid Couplings*. Disponível em:<https://pt.slideshare.net/DesignWorldOnline/flexibile-vs-rigid-couplings>. Último acesso: 18 de abril de 2019. 2015.
- [40] **Acoplast Brasil.** *O que são acoplamentos? Guia completo com tudo o que você precisa saber para escolher o modelo ideal!* Disponível em:<https://www.acoplastbrasil.com.br/o-que-sao-acoplamentos/>. Último acesso: 18 de abril de 2019.
- [41] **DIN 804.** *On-load Speeds for Machine Tools, Nominal Values, Limits, Ratios*. Novembro de 1966.
- [42] **J. H. O. Seabra.** *Apontamentos de Mecânica do Contacto de Lubrificação - Engrenagens*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2018.
- [43] **D. Arnell.** *Tribology and Dynamics of Engine and Powertrain*. Woodhead Publishing, 2010.
- [44] **KHK® Stock Gears.** *Involute Gear Profile*. Disponível em:https://khkgears.net/new/gear_knowledge/gear_technical_reference/involute_gear_profile.html. Último acesso: 20 de maio de 2019. 2015.
- [45] **D. Jelaska.** *Gears and Gear Drives*. John Wiley & Sons, Ltd, 2012.
- [46] **SKF®.** *Catálogo Geral*. 2015.
- [47] **A. Completo e F. Q. de Melo.** *Introdução do Projeto Mecânico*. Publindústria, 2017.
- [48] **DIN 743.** *Calculation of load capacity for shafts and axles*. Outubro de 2008.
- [49] **P. M. S. T. de Castro.** *Aspectos e abordagem Alemã ao dimensionamento à fadiga: de Bach à norma DIN 743*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.
- [50] **MESYS AG.** *Mesys Shaft Analysis - Calculation Basis: DIN 743*. Outubro de 2008.
- [51] **J. A. dos S. Almacinha.** «Visão Geral sobre a Linguagem ISO de Especificação Técnica de Produtos». Tese de doutoramento. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.
- [52] **D. N. Reshetov.** *Atlas de Construção de Máquinas*. Hemus, 2005.
- [53] **J. M. de S. Morais.** *Desenho Técnico Básico 3*. 2012.

- [54] **Sandvik Coromant**. *Ferramentas*. Disponível em: <https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/pages/default.aspx>. Último acesso: 26 de maio de 2019.
- [55] **Hoffmann Group**®. *Mono Machining*. Disponível em: <https://www.hoffmann-group.com/PT/en/hop/Mono-machining/c/991>. Último acesso: 26 de maio de 2019.
- [56] **G. Boothroyd**. *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools*. McGraw-Hill, 1981.
- [57] **NSWC-10**. *Handbook of Reliability Prediction Procedures for Mechanical Equipment*. US Department of Defense, Carderock Divison, 2010.
- [58] **Instituto Português da Qualidade**. *NP EN 50126 - Aplicações ferroviárias - Especificação e demonstração de Fiabilidade, Disponibilidade, Manutibilidade e Segurança (RAMS)*. Outubro de 2000.
- [59] **C. Herpich e F. S. Fogliatto**. «Aplicação de FMECA para Definição de Estratégias de Manutenção em um Sistema de Controle e Instrumentação de Turbogeneradores». Em: *Ibero-american Journal of Industrial Engineering* (2013).
- [60] **BS ISO 6336-1:1996**. *Calculation of load capacity of spur and helical gears — Part 1: Basic principles, introduction and general influence factors*.
- [61] **J. P. P. Marcicano**. *Introdução ao Controle Numérico*. Disponível em: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAAAL0AJ/aula-codigo-g>. Último acesso: 25 de junho de 2019.
- [62] **Autodesk**. *Getting Started with G-Code*. Disponível em: <https://www.autodesk.com/industry/manufacturing/resources/manufacturing-engineer/g-code>. Último acesso: 25 de junho de 2019.

Anexos

Página intencionalmente em branco

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

ANEXO A: Informação técnica do motor selecionado

Technical data



6.3.2 Cast iron; 400 V; 50 Hz; Class IE3

2-pole

Power rating	Nominal speed	Frame size Type code ALAA...	Nominal current	Locked rotor current (multiple of nominal current)	Efficiency at load points				Power factor at load points				Nominal torque	Locked rotor torque (multiple of nominal torque)	Pull up torque (multiple of nominal torque)	Break down torque (multiple of nominal torque)	Moment of inertia	Total mass (B5 version; approx.)	Sound pressure: Noise level
P_N	n_n		I_N	I_L/I_N	η				$\cos \varphi$				T_N	T_L/T_N	T_P/T_N	T_B/T_N	J	m	dB(A)
[kW]	[rpm]		[A]		[%]								[Nm]				kgm ²	[kg]	
					Full load	3/4 load	2/4 load	1/4 load	Full load	3/4 load	2/4 load	1/4 load							
0,75	2875	0080M1	1,59	7,55	80,7	78,3	75,1	63,0	84,5	78,0	0,67	0,47	2,49	2,80	2,75	3,35	1,5 x 10 ⁻³	17,5	52
1,1	2870	0080M3	2,26	7,95	82,7	83,0	81,3	73,8	0,85	0,79	0,67	0,45	3,66	3,00	2,95	3,50	1,75 x 10 ⁻³	19,5	57
1,5	2850	0090S1	2,84	7,75	84,2	85,4	85,8	81,0	0,91	0,87	0,78	0,58	5,02	2,20	2,10	2,80	3,0 x 10 ⁻³	25	
2,2	2860	0090L1	4,13	8,45	85,9	86,7	86,8	82,2	90	0,85	0,76	0,54	7,33	2,45	2,35	3,15	3,5 x 10 ⁻³	28	59
3	2855	0100L1	5,52	8,70	87,1	88,3	88,4	84,9	0,90	0,87	0,79	0,59	5,70	3,25	3,10	3,55	6,3 x 10 ⁻³	38	55
4	2875	0112M1	7,20	9,60	88,1	89,0	88,9	85,5	0,91	0,88	0,80	0,61	13,3	2,70	2,50	3,60	11,5 x 10 ⁻³	50	59
5,5	2930	0132S1	10,1	7,90	89,2	89,8	89,5	85,5	0,89	0,86	0,80	0,58	17,9	2,05	2,05	3,40	18,8 x 10 ⁻³	70,5	63
7,5	2920	0132S3	13,8	7,25	90,1	90,9	90,8	87,7	0,87	0,85	0,78	0,59	24,5	1,95	1,95	3,15	20 x 10 ⁻³	75	63
11	2935	0160M1	19,3	7,75	91,5	92,5	92,5	89,5	0,90	0,89	0,84	0,70	35,7	2,30	1,85	2,85	46 x 10 ⁻³	123	67
15	2935	0160M3	26,5	8,70	91,9	92,0	92,0	88,0	0,89	0,86	0,78	0,58	48,8	2,75	2,30	3,30	50 x 10 ⁻³	126	67
18,5	2930	0160L1	32,1	8,10	92,4	93,0	93,0	91,0	0,90	0,90	0,84	0,68	60,3	2,45	2,00	2,95	59 x 10 ⁻³	137	75
22	2940	0180M1	39,2	7,70	93,0	93,0	93,0	89,0	0,87	0,85	0,77	0,53	71,6	2,25	1,80	2,75	71 x 10 ⁻³	178	71
30	2950	0200L1	51,6	7,75	93,5	93,5	92,5	91,5	0,90	0,90	0,87	0,74	97,1	2,00	1,45	2,70	150 x 10 ⁻³	276	75
37	2955	0200L3	62,4	8,20	94,0	95,0	94,5	92,5	0,91	0,91	0,87	0,75	119	1,95	1,45	2,80	185 x 10 ⁻³	302	73
45	2960	0225M1	75,9	8,10	94,0	94,0	93,5	90,0	0,91	0,91	0,88	0,71	146	1,50	1,40	2,90	295 x 10 ⁻³	350	81
55	2970	0250M1	91,3	8,05	95,0	95,0	95,0	92,0	0,92	0,90	0,87	0,72	177	1,50	1,30	3,15	385 x 10 ⁻³	476	75
75	2965	0280S1	126	7,20	94,7	94,5	93,0	90,0	0,91	0,90	0,86	0,68	242	1,50	1,30	2,40	0,60	640	
90	2970	0280M1	151	7,30	95,0	95,0	94,6	91,5	0,91	0,89	0,83	0,64	289	1,50	1,35	2,40	0,70	666	
110	2970	0315S1	184	7,25	95,2	95,0	94,3	90,5	0,91	0,89	0,85	0,68	354	1,50	1,25	2,40	1,20	960	
132	2970	0315M1	220	6,80	95,4	95,2	94,8	92,0	0,91	0,91	0,88	0,74	424	1,30	1,20	2,30	1,30	1010	
160	2975	0315M3	263	7,20	95,6	95,5	94,8	92,0	0,92	0,91	0,88	0,72	513	1,30	1,25	2,40	1,30	1060	
200	2975	0315L1	328	7,05	95,8	95,8	95,5	92,6	0,92	0,92	0,90	0,77	643	1,30	1,00	2,40	1,70	1270	
250	2975	0315D1	412	6,90	95,8	95,8	94,8	91,5	0,92	0,91	0,89	0,76	803	1,40	1,20	2,50	2,60	1800	
315	2970	0315D3	516	7,30	95,8	95,5	94,7	91,5	0,92	0,92	0,91	0,80	1015	1,30	1,05	2,40	2,90	1900	

Outline drawings

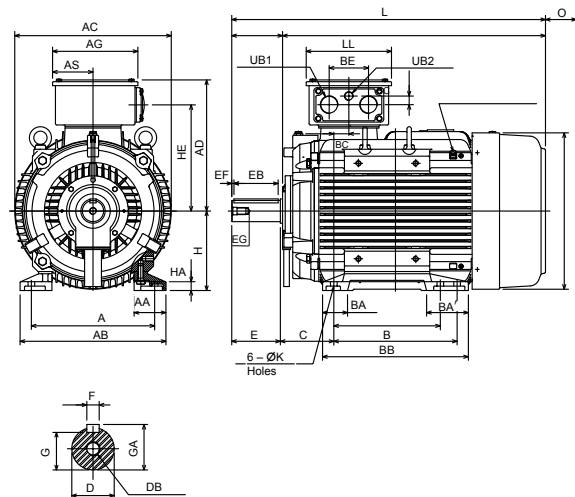


Figure 7-6: Outline drawing of cast iron design, feet version, mounting B3; frame size 160 – 180

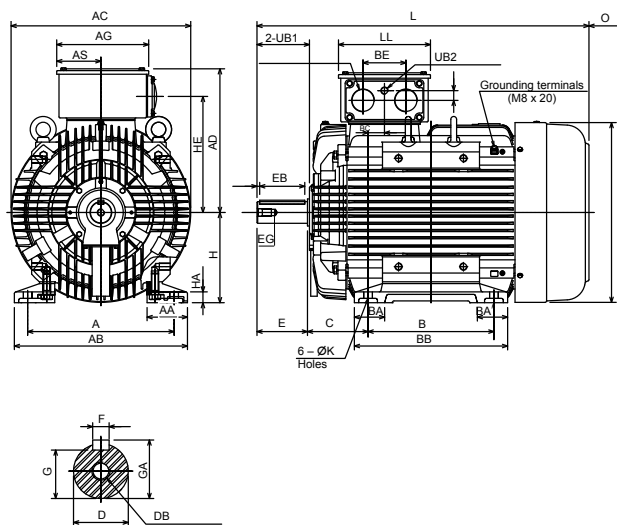


Figure 7-7: Outline drawing of cast iron design, feet version, mounting B3; frame size 200 – 250 (sample)

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Outline drawings



Frame size		Outline drawing of cast iron design, feet version, mounting B3; frame size 160 – 280, dimensions in [mm]																		
		A	AA	AB	AC	AD	AG	AS	B	B'	BA	BA'	BB	BE	BC	C	H	HA	HE	HE'
160	S																			
	M	254	71	300	317	271	193	91,5	210	—	46	46	256	77	38	108	160	18	215	—
	L	254	71	300	317	271	193	91,5	254	210	46	90	300	77	38	108	160	18	215	—
180	S																			
	M	279	72	330	354	297	193	91,5	241	—	57	57	292	77	34	121	180	20	241	—
	L	279	72	330	354	297	193	91,5	279	241	57	95	330	77	34	121	180	20	241	—
200	S																			
	M																			
	L	318	88	378	398	330	231	110,5	305	—	70	70	365	95	53	133	200	24	262	—
225	S	356	94	416	449	356	231	110,5	286	—	70	70	350	95	30,5	149	225	28	288	—
	M	356	94	416	449	356	231	110,5	311	286	70	95	375	95	30,5	149	225	28	288	—
	M*	356	94	416	449	356	231	110,5	311	286	70	95	375	95	30,5	149	225	28	288	—
250	S																			
	M	406	112	480	498	398	255	122,5	349	—	84	84	425	111	45,5	168	250	30	322	—
	M*	406	112	480	498	398	255	122,5	349	—	84	84	425	111	45,5	168	250	30	322	—
280	S	457	110	560	550	446	255	122,5	—	368	130	130	445	119	48	190	280	32	367	394
	S*	457	110	560	550	446	255	122,5	—	368	130	130	445	119	48	190	280	32	367	394
	S**	457	110	560	550	446	255	122,5	—	368	130	130	445	119	48	190	280	32	367	394
280	M	457	110	560	550	446	255	122,5	419	—	130	137	495	119	48	190	280	32	367	394
	M*	457	110	560	550	446	255	122,5	419	—	130	137	495	119	48	190	280	32	367	394
	M**	457	110	560	550	446	255	122,5	419	—	130	137	495	119	48	190	280	32	367	394

*) = 4-, 6- and 8-pole version

**) = 4-, 6-, 8-pole version

Frame size		Overall dimensions						Shaft extension										Bearings		
		K	L	LL	O	UB1	UB2	D	E	EB	ED	EG	F	G	GA	DB	at DE	at NDE	Fig.	
160	S																			
	M	14,5	608	193	60	M40 x 1,5	M20 x 1,5	42 k6	110	100	5,0	32	12	37,0	45,0	M16	6309ZZC3	6307ZZC3	7-6	
L	14,5	652	193	60	42 k6			110	100	5,0	32	12	37,0	45,0	M16	6309ZZC3	6307ZZC3	7-6		
180	S																			
	M	14,5	672	193	70	M40 x 1,5	M20 x 1,5	48 k6	110	100	5,0	32	14	42,5	51,5	M16	6311C3	6310C3	7-6	
L	14,5	710	193	70	48 k6			110	100	5,0	32	14	42,5	51,5	M16	6311C3	6310C3	7-6		
200	S																			
	M																			
225	L	18,5	770	231	80	M50 x 1,5	M20 x 1,5	55m6	110	100	5,0	40	16	49,0	59,0	M20	6312C3	6212C3	7-7	
	S	18,5	816	231	90			60m6	140	125	7,5	40	18	53,0	64,0	M20	6313C3	6213C3	7-7	
	M	18,5	811	231	90			55m6	110	100	5,0	40	16	49,0	59,0	M20	6312C3	6212C3	7-7	
	M*	18,5	841	231	90			60m6	140	125	7,5	40	18	53,0	64,0	M20	6313C3	6213C3	7-7	
250	L																			
	S																			
	M	24,0	921	255	105	M63 x 1,5	M20 x 1,5	60m6	140	125	7,5	40	18	53,0	64,0	M20	6313C3	6313C3	7-7	
	M*	24,0	921	255	105			65m6	140	125	7,5	40	18	58,0	69,0	M20	6315C3	6313C3	7-7	
280	L																			
	S	24,0	1037	255	—	M63 x 1,5	M20 x 1,5	65m6	140	125	7,5	42	18	58,0	69,0	M20	6316C3	6314C3	7-8	
	S*	24,0	1037	255	—			75m6	140	125	7,5	42	20	67,5	79,5	M20	6318C3	6316C3	7-8	
	S**	24,0	1037	255	—			75m6	140	125	7,5	42	20	67,5	79,5	M20	NU318	6316C3	7-8	
M	24,0	1087,5	255	—	65m6			140	125	7,5	42	18	58,0	69,0	M20	6316C3	6314C3	7-8		
280	M*	24,0	1087,5	255	—			75m6	140	125	7,5	42	20	67,5	79,5	M20	6318C3	6316C3	7-8	
	M**	24,0	1087,5	255	—			75m6	140	125	7,5	42	20	67,5	79,5	M20	NU318	6316C3	7-8	
*) = 4-, 6- and 8-pole version) = 4-, 6-, 8-pole version																				

*) = 4-, 6- and 8-pole version

**) = 4-, 6-, 8-pole version

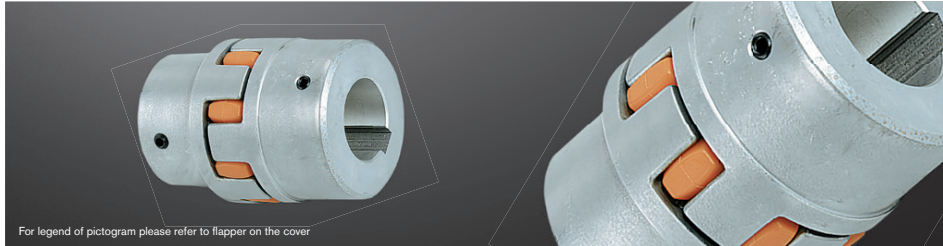
Página intencionalmente em branco

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

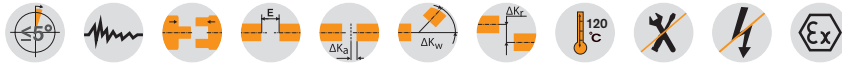
ANEXO B: Informação técnica do acoplamento flexível

ROTEX® Standard Flexible jaw couplings

Material aluminium + cast + powder metal



For legend of pictogram please refer to flapper on the cover



ROTEX® Powder metal steel (Sint)																	
Size	Component	Spider ¹⁾ (component 2) Rated torque [Nm]			Finish bore d	Dimensions [mm]											
		92 ShA	98 ShA	64 ShD		General										Thread for setscrews	
						L	l ₁ , l ₂	E	b	s	D _H	d _H	D	N	G	t	T _A [Nm]
14	1a	7.5	12.5	16	0-16	35	11	13	10	1.5	30	10	30	-	M4	5	1.5
19	1a	10	17	21	0-24	66	25	16	12	2.0	40	18	40	-	M5	10	2
24	1a	35	60	75	0-28	78	30	18	14	2.0	56	27	40	-	M5	10	2

ROTEX® Aluminium diecast (Al-D) ⁵⁾																	
19	1a	10	17	-	6-19	66	25	16	12	2	41	18	32	41	20	M5	10
	1a	35	60	-	19-24	78	30	18	14	2	56	27	40	56	24	M5	10
24	1a	35	60	-	22-28	78	30	18	14	2	56	27	40	56	24	M5	10
	1a	95	160	-	10-28	90	35	20	15	2.5	66	30	48	66	28	M8	15
	1a	95	160	-	28-38	90	35	20	15	2.5	66	30	48	66	28	M8	15

ROTEX® Aluminium (Al-H)																	
5	1a	0.5	0.9	-	0-6	15	5	5	4	0.5	10	-	-	-	M2	2.5	-
7	1a	1.2	2.0	2.4	0-7	22	7	8	6	1.0	14	-	-	-	M3	3.5	-
9	1a	3.0	5.0	6.0	0-11	30	10	10	8	1.0	20	7.2	-	-	M4	5	1.5
12	1a	5.0	9.0	12	0-12	34	11	12	10	1.0	25	8.5	-	-	M4	5	1.5
14	1a	7.5	12.5	16	0-16	35	11	13	10	1.5	30	10.5	-	-	M4	5	1.5
19	1a	10	17	26	0-24	66	25	16	12	2.0	40	18	-	-	M5	10	2
24	1a	35	60	75	0-28	78	30	18	14	2.0	55	27	-	-	M5	10	2
28	1a	95	160	200	0-38	90	35	20	15	2.5	65	30	-	-	M8	15	10
38	1a	190	325	405	0-45	114	45	24	18	3.0	80	38	-	-	M8	15	10
42	1a	265	450	560	0-55	126	50	26	20	3.0	95	46	-	-	M8	20	10
48	1a	310	525	655	0-62	140	56	28	21	3.0	105	51	-	-	M8	20	10

The coupling is provided with a ROTOX® GS spider as a standard (ROTEX® standard spider available, if requested).

ROTEX® Cast iron (GJL)																	
38	1a	190	325	405	12-40	114	45	24	18	3	80	38	66	37	M8	15	10
	1b				38-48	164	70							62			
	1				12-48	164	70										
42	1a	265	450	560	14-45	126	50	26	20	3	95	46	75	40	M8	20	10
	1b				42-55	176	75							65			
	1				14-55	176	75										
48	1a	310	525	655	15-52	140	56	28	21	3.5	105	51	85	45	M8	20	10
	1b				48-62	188	80							69			
	1				15-62	188	80										
55	1a	410	685	825	20-60	160	65	30	22	4	120	60	98	52	M10	20	17
	1b				55-74	185	75	35	26	4.5	135	68	118	61	M10	20	17
65	1	625	940	1175	22-70	185	75	35	26	4.5	135	68	118	61	M10	20	17
75	1	1280	1920	2400	30-80	210	85	40	30	5	160	80	135	69	M10	25	17
90	1	2400	3600	4500	40-100	245	100	45	34	5.5	200	100	160	81	M12	30	40

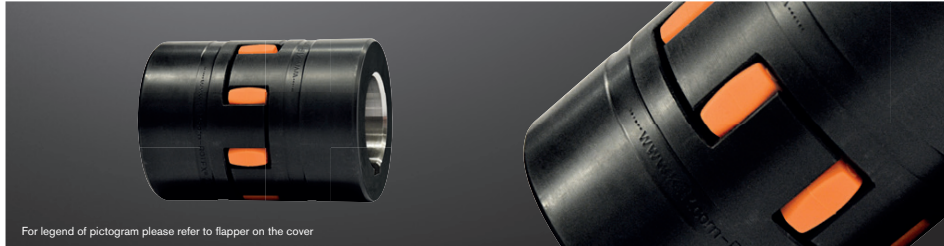
ROTEX® Nodular iron (GJS)																	
100	1	3300	4950	6185	50-115	270	110	50	38	6	225	113	180	89	M12	30	40
120	1	4800	7200	9000	60-125	295	120	55	42	6.5	255	127	200	96	M16	35	80
125	1	6650	10000	12500	60-145	340	140	60	46	7	290	147	230	112	M16	40	80
140	1	8550	12800	16000	60-160	375	155	65	50	7.5	320	165	255	124	M20	45	140
160	1	12800	19200	24000	80-185	425	175	75	57	9	370	190	290	140	M20	50	140
180	1	18650	28000	35000	85-200	475	195	85	64	10.5	420	220	325	156	M20	50	140

⁵⁾ Unless any material is specified in the order, it is defined with the calculation/order.

¹⁾ Maximum torque of the coupling T_{K max} = rated torque of the coupling T_{K rated} x 2. For selection see page 14 et seqq.

Ordering example:	ROTEX® 38	GJL	92 ShA	1a	Ø 45	1	Ø 25
	Coupling size	Material	Spider hardness	Component	Finish bore	Component	Finish bore

. ANEXO B: Informação técnica do acoplamento flexível

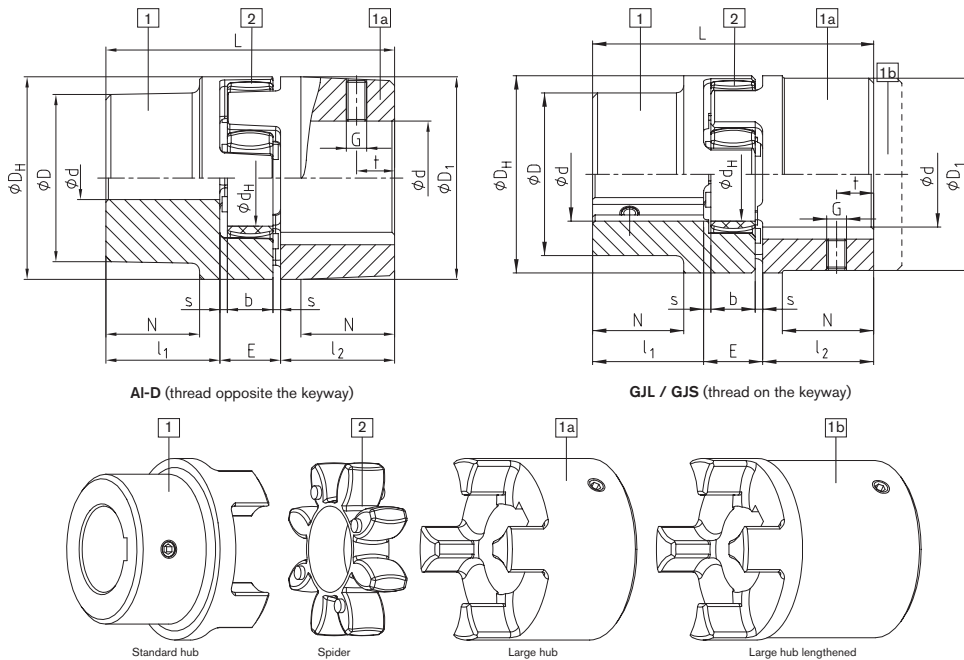


ROTEX® with CDP coating ¹⁾

Size	Component	Spider (component 2)			Finish bore d (min. - max.)	Dimensions [mm]													Thread for setscrews		
		Rated torque [Nm]				General															
		92 ShA	98 ShA	64 ShD		L	l ₁ , l ₂	E	b	s	D _H	d _H	D	N	G	t	T _A [Nm]				
19	1a	10	17	21	0-25	66	25	16	12	2	40	18	40	–	M5	10	2				
24	1a	35	60	75	0-35	78	30	18	14	2	55	27	55	–	M5	10	2				
28	1a	95	160	200	0-40	90	35	20	15	2.5	65	30	65	–	M8	15	10				
38	1	190	325	405	0-48	114	45	24	18	3	80	38	70	27	M8	15	10				
42	1	265	450	560	0-55	126	50	26	20	3	95	46	85	28	M8	20	10				
48	1	310	525	655	0-62	140	56	28	21	3.5	105	51	95	32	M8	20	10				
55	1	410	685	825	0-74	160	65	30	22	4	120	60	110	37	M10	20	17				
65	1	625	940	1175	0-80	185	75	35	26	4.5	135	68	115	47	M10	20	17				
75	1	1280	1920	2400	0-95	210	85	40	30	5	160	80	135	53	M10	25	17				
90	1	2400	3600	4500	0-110	245	100	45	34	5.5	200	100	160	62	M12	25	40				
100	1	3300	4950	6185	0-115	270	110	50	38	6	225	113	180	69	M12	30	40				
110	1	4800	7200	9000	0-125	295	120	55	42	6.5	255	127	200	96	M16	35	80				
125	1	6650	10000	12500	60-145	340	140	60	46	7	290	147	230	112	M16	40	80				

¹⁾ Corrosion protection class acc. to DIN EN ISO 12944: Min. C4, heavy-long

Components



For continuously updated data please refer to our online catalogue at www.ktr.com

Flexible jaw and
pin & bush couplings

ROTEX®

POLY-NORM®

POLY

REVOLUX®

ANEXO C: Informação técnica da bucha

ROTA-S_{plus}

ROTA-S plus 500-162

Handspannfutter | Manual Lathe Chucks



Technische Daten | Technical data

Spindeltyp Spindle type	Spindelgröße Spindle size	Standard	Vorteilspaket 1 Special Offer Package 1	Vorteilspaket 2 Special Offer Package 2	Max. Drehzahl Max. RPM	Max. Spannkraft Max. clamping force	Max. Drehmoment Max. torque	Hub/Backe Stroke/jaw	Zahnteilung Tooth pitch	Gewicht Weight
					[min ⁻¹]	[kN]	[Nm]	[mm]	[mm]	[kg]
-	Z460	0814250	0814350	0814650	1500	270	320	12	8.5	152
ISO 702-3	Nr. 8	0814251	0814351	0814651	1500	270	320	12	8.5	175
ISO 702-3	Nr. 11	0814252	0814352	0814652	1500	270	320	12	8.5	172
ISO 702-3	Nr. 15	0814253	0814353	0814653	1500	270	320	12	8.5	174
ISO 702-2	Nr. 8	0814254	0814354	0814654	1500	270	320	12	8.5	180
ISO 702-2	Nr. 11	0814255	0814355	0814655	1500	270	320	12	8.5	182
ISO 702-2	Nr. 15	0814256	0814356	0814656	1500	270	320	12	8.5	200
ISO 702-1	Nr. 8	0814257	0814357	0814657	1500	270	320	12	8.5	192
ISO 702-1	Nr. 11	0814258	0814358	0814658	1500	270	320	12	8.5	171
ISO 702-1	Nr. 15	0814259	0814359	0814659	1500	270	320	12	8.5	183

Lieferumfang Standard

Futter, 1 Satz Grundbacken mit Schrauben, Futter-Befestigungsschrauben, Betätigungsschlüssel, Ringschraube und Betriebsanleitung

Scope of Delivery – Standard Version

Chuck, 1 set of base jaws with screws, chuck mounting bolts, actuation key, eye bolt and operating manual

Lieferumfang Vorteilspaket 1 und 2

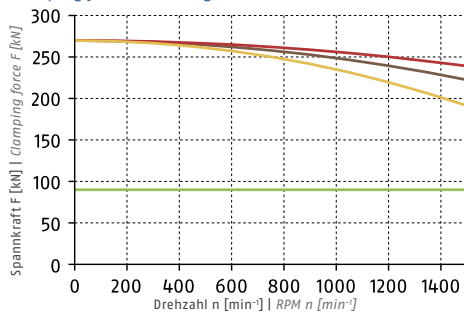
Siehe Seite 25

Scope of Delivery – Special Offer Package 1 and 2

See page 25

Spannkraft-Drehzahl-Diagramm

Clamping force-RPM-diagram

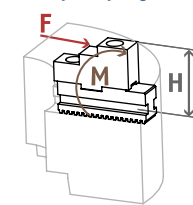


① Siehe Seite 830 | See page 830

- Erforderliche Mindestspannkraft F_{spmin} 33 %
Required minimum clamping force F_{spmin} 33%
- SHF 400
6.8 kg
- STF 400
10.8 kg
- SFA 400
13.5 kg

Führungsbahnbelastung

Load of base jaw guidance



① Siehe Seite 832

See page 832

Spannbereiche | Clamping Ranges

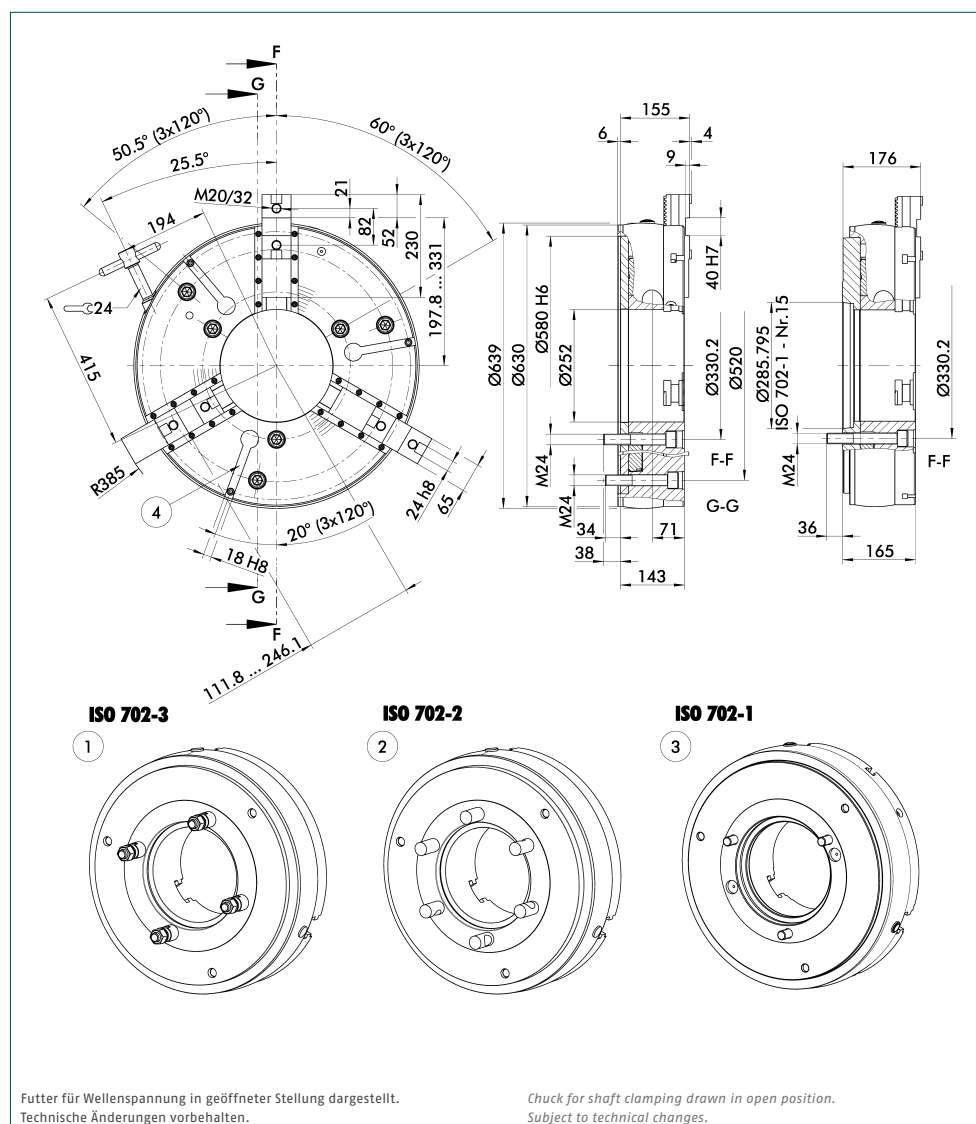
① Siehe Seite 51 | See page 51



ROTA-S plus 630-252

Handspannfutter | Manual Lathe Chucks

ROTA-S *plus*



- ① Für Kurzkegel
Bajonettbefestigung
ISO 702-3 (ähnlich DIN 55027)
- ② Für Kurzkegel
Camlockbefestigung
ISO 702-2 (ähnlich DIN 55029)

- ③ Mit Zwischenflansch für
Kurzkegel
ISO 702-1 (ähnlich DIN 55026)

- ① For short taper bayonet mount
ISO 702-3 (similar DIN 55027)
- ② For short taper camlock mount
ISO 702-2 (similar DIN 55029)

- ③ With intermediate flange for
short taper
ISO 702-1 (similar DIN 55026)

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

ANEXO D: Informação retirada da norma DIN 804

Valores Nominais (rpm)					Limites para R20 (rpm)			
R20	R20/2	R20/3	R20/4	R20/6	Tolerância Mecânica		Tolerância Mecânica + Elétrica	
$\phi = 1.12$	$\phi = 1.25$	$\phi = 1.4$	$\phi = 1.6$	$\phi = 2$	-2%	+3%	-2%	+6%
100					98	103	98	106
112	112	11,2	112	11,2	110	116	110	119
125		125			123	130	123	133
140	140	1400	140	1400	138	145	138	150
160		16			155	163	155	168
180	160	180	180	180	174	183	174	188
200		2000			198	206	198	212
224	224	22,4	224	22,4	219	231	219	237
250		250			246	259	246	266
280	280	2800	280	2800	276	290	276	299
315		31,5			310	326	310	335
355	355	355	355	355	348	365	348	376
400		4000			390	410	390	422
450	450	45	450	45	438	460	438	473
500		500			491	516	491	531
560	560	5600	560	5600	551	579	551	596
630		63			618	650	618	669
710	710	710	710	710	694	729	694	750
800		8000			778	818	778	842
900	900	90	900	90	873	918	873	945
1000		1000			980	1030	980	1060

Figura 112: Velocidades de rotação normalizadas e respetivas tolerâncias mecânica e mecânica + elétrica para séries R20, retirada da norma DIN804 [37].

Tabela 49: Razões de transmissão normalizadas, retirada da norma DIN 804 (Adaptado de [41]).

Exponent x	Ratio	
	1:1 to 10:1	
	Nominal	Exact
	$\phi = 1,06$	$\phi = 1,0593$
0	1,00:1	1,0000:1
1	1,06:1	1,0593:1
2	1,12:1	1,1220:1
3	1,18:1	1,1885:1
4	1,25:1	1,2589:1
5	1,32:1	1,3335:1
6	1,40:1	1,4125:1
7	1,50:1	1,4962:1
8	1,60:1	1,5849:1
9	1,70:1	1,6788:1
10	1,80:1	1,7783:1
11	1,90:1	1,8836:1
12	2,00:1	1,9953:1
13	2,12:1	2,1135:1
14	2,24:1	2,2387:1
15	2,36:1	2,3714:1
16	2,50:1	2,5119:1
17	2,65:1	2,6607:1
18	2,80:1	2,8184:1
19	3,00:1	2,9854:1
20	3,15:1	3,1623:1
21	3,35:1	3,3497:1
22	3,55:1	3,5481:1
23	3,75:1	3,7584:1
24	4,00:1	3,9811:1

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

ANEXO E: Ficha técnica do aço RPM32 da RAMADA Aços®

RAMADA AÇOS
SPECIAL STEEL SOLUTIONS



Lar.-Rox.-Lar.



RPM 32

Aço ligado

W.Nr. 1.7225

Normas:

EN: 42 CrMo 4	AISI: (4140)	DIN: 42 CrMo 4	AFNOR: 42CD4	UNE: F-1252
Fornecimento: EN 10083-3			W. Nr. 1.7225	

Perfis disponíveis:



20 a 400 mm

EN 10060

Estado de fornecimento:

Tratado ≈ 300 HB

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%):

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,38 – 0,45	≤ 0,40	0,60 – 0,90	≤ 0,025	≤ 0,035	0,90 - 1,20	0,15 – 0,30

CARACTERÍSTICAS:

Aço ligado ao cromo-molibdênio fornecido no estado pré-tratado. Utilizado para a produção de componentes de resistência superior ao aço construção ao carbono. Aço adequado para aplicações de média resistência mecânica.

APLICAÇÕES PRINCIPAIS:

Orgãos de máquinas, semi-eixos, veios de torção e flexão, rodas dentadas, sem-fins, cavilhas, parafusos, porcas e pernos.

PROPRIEDADES:

Densidade: 7,84 Kg/dm³								
Coeficiente de Dilatação Térmica, 10 ⁻⁶ m/mK:								
20 a 600 °C	20 a 500 °C	20 a 400 °C	20 a 300 °C	20 a 200 °C	20 a 100 °C			
---	---	13,6	13,2	12,7	12,1			
Condutibilidade Térmica, W/mK:								
400 °C			200 °C			20 °C		
---		---			45,1			
Módulo de Elasticidade, GPa:								
600 °C	500 °C	400 °C	300 °C	200 °C	100 °C	20 °C	0 °C	-100 °C
---	---	---	---	---	---	200	---	---
Propriedades Mecânicas:								
Ø (mm)	Espessura (t) (mm)	Rm (MPa)	Rp0,2 (MPa)	A% (L0=5do)		Z%		
≤ 16	≤ 8	1100 - 1300	≥ 900	≥ 10		≥ 40		
≤ 40	≤ 20	1000 - 1200	≥ 750	≥ 11		≥ 45		
≤ 100	≤ 60	900 - 1100	≥ 650	≥ 12		≥ 50		
≤ 160	≤ 100	800 - 950	≥ 550	≥ 13		≥ 50		

Ramada Aços, S.A.

Avenida da Régua, Apartado 10, 3884-004 Ovar
Tel.: +351 256 580 580 | Fax: +351 256 580 500 / +351 256 580 410
www.ramada.pt | acos.ovar@ramada.pt

A informação fornecida é precisa e de confiança contudo, alguns dos valores apresentados são indicativos, não podendo possuir carácter vinculativo, dado existirem variações resultantes de erros associados aos ensaios e às actualizações documentais.

Data de actualização: 08/03/2018

Página intencionalmente em branco

ANEXO F: Ficha técnica do Óleo Mobilgear 600 XP 320



Propriedades Típicas

Mobilgear 600 XP	68	100	150	220	320	460	680
Grau de viscosidade ISO	68	100	150	220	320	460	680
Viscosidade, ASTM D445							
cSt a 40 °C	68	100	150	220	320	460	680
cSt a 100 °C	8,8	11,2	14,7	19,0	24,1	30,6	39,2
Índice de viscosidade, ASTM D2270	101	97	97	97	97	96	90
Ponto de fluidez, °C, ASTM D92	-27	-24	-24	-24	-24	-15	-9
Ponto de fulgor, °C, ASTM D92	230	230	230	240	240	240	285
Densidade a 15,6 °C, ASTM D4052, kg/l	0,88	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91
Micropitting FZG, FVA 54, Estágio/Classificação de falha	10 / Alto	10 / Alto	10 / Alto	10 / Alto	10 / Alto	10 / Alto	10 / Alto
Teste de desgaste FE8, DIN 51819-3, Desgaste do rolamento, mg	2	2	2	2	2	2	2
Carga Timken OK, ASTM D2782, lb	65	65	65	65	65	65	65
Teste EP 4-esferas, ASTM D2783							
Carga de soldagem, kg	200	200	250	250	250	250	250
Índice de desgaste em carga, kgf	47	47	47	48	48	48	48
Teste em Engrenagens FZG, DIN 51534, Estágio de falha							
A/8, 3/90	12+	12+	12+	12+	12+	12+	12+
A/16, 6/90		12+	12+	12+	12+	12+	12+
Proteção contra ferrugem, ASTM D665, Água do mar	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
Corrosão de lâmina de cobre, ASTM D130, 3 horas, 100 °C	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B
Demulsificação, ASTM D1401, tempo para 3 ml de emulsão, minutos a 82 °C	30	30	30	30	30	30	30
Teste de espuma, ASTM D892, Tendência/ Estabilidade, ml/ml							
Sequência 1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Sequência 2	30/0	30/0	30/0	30/0	30/0	30/0	30/0

Saúde e Segurança

Com base na informação disponível, não é esperado que este produto cause efeitos adversos à saúde quando utilizado nas aplicações a que é destinado e seguidas as recomendações indicadas na Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico (FISPQ). As FISPQs encontram-se disponíveis com o representante local de vendas ou pela internet. Elas serão fornecidas pelo revendedor ao cliente, se exigido, e de acordo com a legislação. Deve-se utilizar este produto apenas nas aplicações pretendidas. Ao descartar o produto, tenha o devido cuidado com o meio ambiente.

Qualquer um dos produtos pode não estar disponível no local. Para mais informações, contate seu escritório de vendas local ou visite o site mobil.cosan.com.

© 2017 Exxon Mobil Corporation. Todas as marcas utilizadas neste material são marcas ou marcas registradas da Exxon Mobil Corporation ou uma de suas subsidiárias, utilizadas por Cosan Lubrificantes e Especialidades S.A., ou uma de suas subsidiárias, sob licença.

Página intencionalmente em branco

ANEXO G: Tabelas da norma BS ISO 6336-1 para a escolha do fator de aplicação, K_A

Tabela 50: Valores para o fator de aplicação, K_A [60]. (Adaptado)

Working characteristics of the driving machine	Working characteristics of the driven machine			
	Uniform	Light shocks	Moderate shocks	Heavy shocks
Uniform	1,00	1,25	1,50	1,75
Light shocks	1,10	1,35	1,60	1,85
Moderate shocks	1,25	1,50	1,75	2,00
Heavy shocks	1,50	1,75	2,00	2,25 or higher

Tabela 51: Exemplos de máquinas mandantes com diferentes características de serviço [60]. (Adaptado)

Working characteristics	Driving machine
Uniform	Electric motor (e.g. DC motor), steam or gas turbine with uniform operationa and small rarely occurring starting torquesb
Light shocks	Steam turbine, gas turbine, hydraulic or electric motor (large, frequently occurring starting torques)b
Moderate shocks	Multiple cylinder internal combustion engines
Heavy shocks	Single cylinder internal combustion engines

a Based on vibration tests or on experience gained from similar installations.

b See service life graphs ZNT YNT for the material in ISO 6336, parts 2 and 3. For consideration of momentarily acting overload torques, see examples under Table B.1.

Tabela 52: Exemplos de máquinas mandadas com diferentes características de serviço [60].

Working characteristics	Driven machine
Uniform	Steady load current generator; uniformly loaded conveyor belt or platform conveyor; worm conveyor; light lifts; packing machinery; feed drives for machine tools; ventilators; light-weight centrifuges; centrifugal pumps; agitators and mixers for light liquids or uniform density materials; shears; presses, stamping machines; vertical gear, running gearb.
Light shocks	Non-uniformly (i.e. with piece or batched components) loaded conveyor belts or platform conveyors; machine tool main drives; heavy lifts; crane slewing gear; industrial and mine ventilator; heavy centrifuges; centrifugal pumps; agitators and mixers for viscous liquids or substances of non-uniform density; multi-cylinder piston pumps, distribution pumps; extruders (general); calenders; rotating kilns; rolling mill standsc (continuous zinc and aluminium strip mills, wire and bar mills).
Moderate shocks	Rubber extruders; continuously operating mixers for rubber and plastics; ball mills (light); wood-working machine (gang saws, lathes); billet rolling millsc, d; lifting gear; single cylinder piston pumps.
Heavy shocks	Excavators (bucket wheel drives), bucket chain drives; sieve drives; power shovels, ball mills (heavy); rubber kneaders, crushers (stone, ore); foundry machines; heavy distribution pumps; rotary drills; brick presses; de-barking mills; peeling machines; cold strip;c, e briquette presses; breaker mills.

a Nominal torque = maximum cutting, pressing or stamping torque.

b Nominal torque = maximum starting torque.

c Nominal torque = maximum rolling torque.

d Torque from current limitation.

e K_A up to 2,0 because of frequent strip cracking.

ANEXO H: Ficha técnica do aço F10 da RAMADA Aços®

RAMADA AÇOS
SPECIAL STEEL SOLUTIONS



Bra-Pre-Bra



F 10 N

Aço construção ao carbono

W.Nr. 1.1191 /1.1730

Normas:

EN: C45E +N / C45U + N AISI: 1045 DIN: Ck 45

Fornecimento: EN 10083-1; EN 10083-2 ; EN 10250-2; EN ISO 4957

Estado de fornecimento:

Normalizado

Perfis disponíveis:



Planos

100 a 600 mm
EN 10060

Espessuras: 200 a 700 mm
EN 10029-C/D

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%):

C	Si	Mn	P	S	Cr + Mo + Ni
0,42-0,50	< 0,40	0,50-0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,63

CARACTERÍSTICAS:

Aço de construção base melhorado para órgãos máquina e peças para metalomecânica com maior estabilidade dimensional em serviço ou em operações de maquinagem. Aço com propriedades mecânicas garantidas e maior integridade microestrutural.

APLICAÇÕES PRINCIPAIS:

Órgãos de máquinas, veios e cavilhas, parafusos e porcas, peças para automóveis, navalhas, martelos, blocos hidráulicos, peças de maior exigência mecânica ou maior de estabilidade dimensional e estrutural.

PROPRIEDADES:

Densidade: 7,84 Kg/dm³

Coefficiente de Dilatação Térmica, 10⁻⁶m/mK:

20 a 600 °C	20 a 500 °C	20 a 400 °C	20 a 300 °C	20 a 200 °C	20 a 100 °C
14,7	14,2	13,7	13,1	12,3	11,6

Condutibilidade Térmica, W/mK:

400 °C	200 °C	20 °C
---	---	15,1

Módulo de Elasticidade, GPa:

600 °C	500 °C	400 °C	300 °C	200 °C	100 °C	20 °C	0 °C	-100 °C
---	---	---	---	---	---	200	---	---

Ramada Aços, S.A.

Avenida da Régua, Apartado 10, 3884-004 Ovar
Tel.: +351 256 580 580 | Fax: +351 256 580 500 / +351 256 580 410
www.ramada.pt | acos.ovar@ramada.pt

A informação fornecida é precisa e de confiança contudo, alguns dos valores são apresentados a título indicativo, não assumindo carácter vinculativo, dado a poder existir variações resultantes de erros associados aos ensaios e às fontes documentais.

Data de actualização: 27-06-2018

RAMADA AÇOS
SPECIAL STEEL SOLUTIONS



Bra-Pre-Bra



F 10 N

Aço construção ao carbono

W.Nr. 1.1191 /1.1730

Propriedades Mecânicas:

Ø (mm)	Espessura (t) (mm)	Rm (MPa)	Rp0,2 (MPa)	A% (L0=5do)
≤ 16	≤ 16	> 620	> 340	> 14
≤ 100	≤ 100	> 580	> 305	> 16
≤ 250	≤ 250	> 560	> 275	> 16

Aconselhamento Técnico:

A nossa equipa técnica encontra-se disponível para esclarecimento de dúvidas e aconselhamento na selecção do material e tratamento térmico mais adequado à sua aplicação.

Ramada Aços, S.A.

Avenida da Régua, Apartado 10, 3884-004 Ovar
Tel.: +351 256 580 580 | Fax: +351 256 580 500 / +351 256 580 410
www.ramada.pt | acos.ovar@ramada.pt

A informação fornecida é precisa e de confiança contudo, alguns dos valores apresentados são indicativos, não podendo possuir carácter vinculativo, dado existirem variações resultantes de erros associados aos ensaios e às actualizações documentais.

Data de actualização: 27-06-2018

ANEXO I: Ficha técnica dos rolamentos selecionados

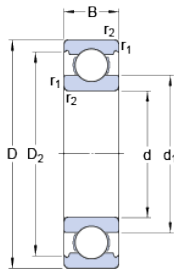
SKF



6006

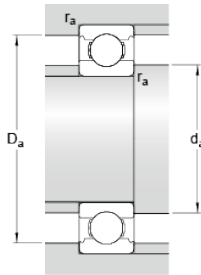
Item popular
SKF Explorer

Dimensões



d	30	mm
D	55	mm
B	13	mm
d ₁	≈ 38.2	mm
D ₂	≈ 49	mm
r _{1,2}	min. 1	mm

Dimensões do encosto



d _a	min. 34.6	mm
D _a	max. 50.4	mm
r _a	max. 1	mm

Dados de cálculo

Classificação de carga dinâmica básica	C	13.8	kN
Classificação de carga estática básica	C ₀	8.3	kN
Limite de carga de fadiga	P _u	0.355	kN
Velocidade de referência		28000	r/min
Velocidade-limite		17000	r/min
Fator de cálculo	k _r	0.025	
Fator de cálculo	f ₀	15	

Massa

Massa do rolamento	0.12	kg
--------------------	------	----

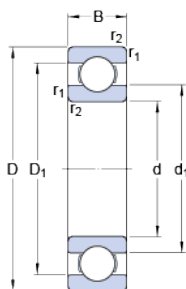
SKF



16011

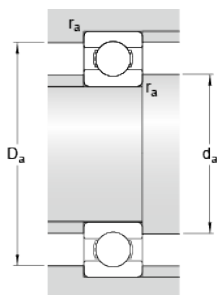
Item popular
SKF Explorer

Dimensões



d	55	mm
D	90	mm
B	11	mm
d ₁	≈ 67	mm
D ₁	≈ 78.1	mm
r _{1,2}	min. 0.6	mm

Dimensões do encosto



d _a	min. 58.2	mm
D _a	max. 86.8	mm
r _a	max. 0.6	mm

Dados de cálculo

Classificação de carga dinâmica básica	C	20.3	kN
Classificação de carga estática básica	C ₀	14	kN
Limite de carga de fadiga	P _u	0.695	kN
Velocidade de referência		16000	r/min
Velocidade-limite		10000	r/min
Fator de cálculo	k _r	0.02	
Fator de cálculo	f ₀	14	

Massa

Massa do rolamento	0.26	kg
--------------------	------	----

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

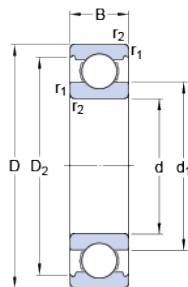
SKF



61819

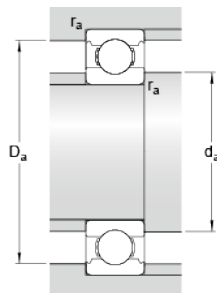
Item popular

Dimensões



d	95	mm
D	120	mm
B	13	mm
d ₁	≈ 103.3	mm
D ₂	≈ 114.3	mm
r _{1,2}	min. 1	mm

Dimensões do encosto



d _a	min. 99.6	mm
D _a	max. 115	mm
r _a	max. 1	mm

Dados de cálculo

Classificação de carga dinâmica básica	C	19.9	kN
Classificação de carga estática básica	C ₀	17.6	kN
Limite de carga de fadiga	P _u	0.93	kN
Velocidade de referência		11000	r/min
Velocidade-limite		6700	r/min
Fator de cálculo	k _r	0.015	
Fator de cálculo	f ₀	13.3	

Massa

Massa do rolamento	0.29	kg
--------------------	------	----

SKF



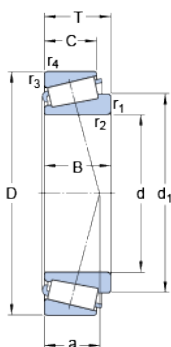
32222

Item popular
SKF Explorer

Série de dimensões

3FC

Dimensões

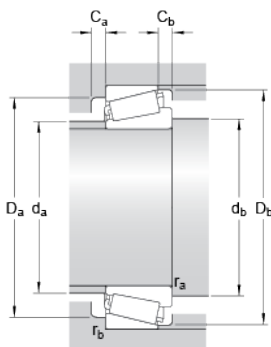


d	110	mm
D	200	mm
T	56	mm
d ₁	≈ 151.53	mm
B	53	mm
C	46	mm
r _{1,2}	min. 3	mm
r _{3,4}	min. 2.5	mm

Dimensions

a	46.367	mm
---	--------	----

Dimensões do encosto



d _a	max. 127	mm
d _b	min. 124	mm
D _a	min. 170	mm
D _a	max. 188	mm
D _b	min. 190	mm
C _a	min. 6	mm
C _b	min. 10	mm
r _a	max. 3	mm
r _b	max. 2.5	mm

Dados de cálculo

Classificação de carga dinâmica básica	C	491	kN
Classificação de carga estática básica	C ₀	570	kN
Limite de carga de fadiga	P _u	61	kN
Velocidade de referência		2600	r/min

ANEXO J: Ficha técnica da Powerlock selecionada

3/16/2019 | Page 1 of 3



U.S. Tsubaki Power Transmission, LLC
301 E. Marquardt Dr.
Wheeling, IL 60090

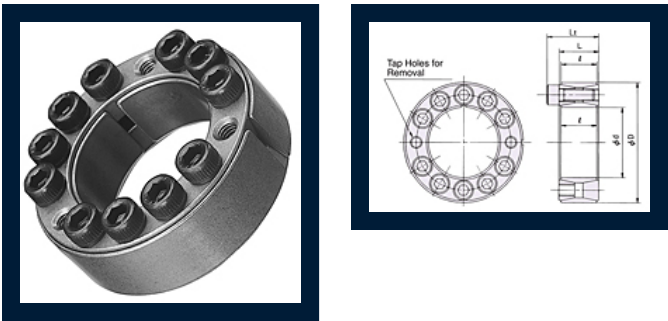
Phone: 847.459.9500 or 800.323.7790
Fax: 847.459.9515

Email: sales@ustsubaki.com
Website: www.ustsubaki.com

ITEM # PL3-15/16 AS, POWER-LOCK AS INCH SERIES CARBON STEEL KEYLESS LOCKING DEVICE

- Most popular series world-wide
- Easy machining of shaft and hub
- Can use on shafts with a keyway
- Inch size range: 3/4" thru 11-13/16"

For selection and application see Technical Notes download



[Specifications](#) | [Locking Bolts](#) | [Features & Application](#)

Specifications	
d - Shaft O.D.	3.938 in

. ANEXO J: Ficha técnica da Powerlock selecionada

3/16/2019 | Page 2 of 3

t1 - Shaft Dia. Tolerance	-0.0021 in +0
D - Hub Counter I.D.	5.708 in
t2 - Hub Counter ID Tolerance	+0.0025 in -0
L	1.302 in
I	1.142 in
Lt	1.774 in
Transmissible Torque	7378 ft-lb
Transmissible Thrust	45100 lb
P - Contact Pressure - Shaft	26730 psi
P' - Contact Pressure - Hub Bore	18490 psi
Weight	4.600 lb

Locking Bolts

Quantity	11
Size	M12X30
Tightening Torque	105.000 ft-lb

Features & Application

- **Multipurpose**
Ideally structured and highly reliable locking device
- **Low Machining Costs**
Keyway, splines, presses and thermal fittings are not required. Optimum performance is achieved with low shaft and hub tolerances minimizing the total machining costs.
- **Easy to Install**
Install or removes just by tightening or loosening of bolts. No need to hassle with adjusting keyways and thermal fittings.
- **Options to Fit Every Application**
Stainless Steel and electroless nickel plating options are offered for standard models. Both are highly durable in corrosive or clean room environments.

ANEXO K: Informações técnicas sobre os vedantes da FREUDENBERG

Technical Principles | Informations Techniques
Informaciones Técnicas | Principios técnicos

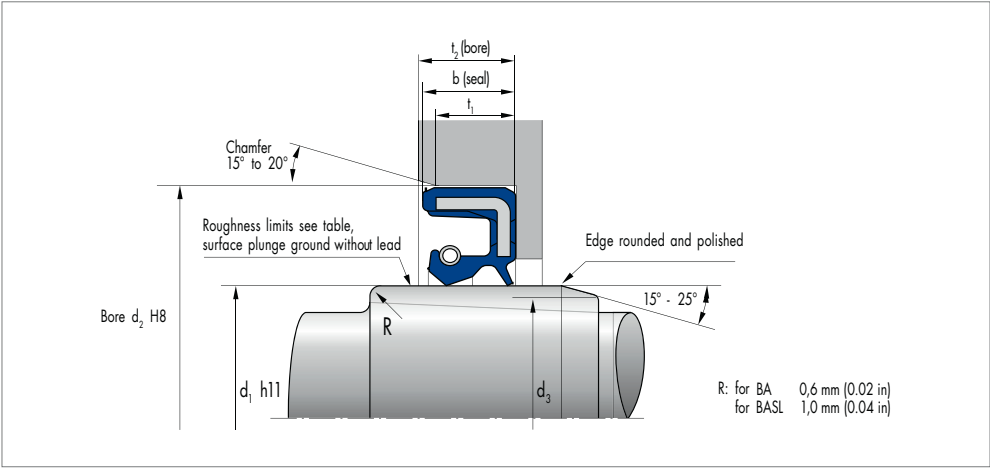


Fig. 7 Radius and chamfering of shaft, depth and chamfer on the locating bore / Rayon et chanfrein de l'arbre, profondeur et chanfrein pour le logement / Radio y chaflán del eje, profundidad y chaflán del taladro de posicionamiento / Raio e chanfro do eixo, profundidade e chanfro no furo de alojamento

d_1 [mm]	d_1 [in]	d_2 [mm]	d_2 [in]
up to 10	up to 0.4	$d_1 - 1,5$	$d_1 - 0.06$
10 ... 20	0.4 ... 0.8	$d_1 - 2,0$	$d_1 - 0.08$
20 ... 30	0.8 ... 1.2	$d_1 - 2,5$	$d_1 - 0.10$
30 ... 40	1.2 ... 1.6	$d_1 - 3,0$	$d_1 - 0.12$
40 ... 50	1.6 ... 2.0	$d_1 - 3,5$	$d_1 - 0.14$
50 ... 70	2.0 ... 2.8	$d_1 - 4,0$	$d_1 - 0.16$
70 ... 90	2.8 ... 3.6	$d_1 - 4,5$	$d_1 - 0.18$
90 ... 140	3.6 ... 5.5	$d_1 - 5,0$	$d_1 - 0.20$
140 ... 250	5.5 ... 9.9	$d_1 - 7,0$	$d_1 - 0.28$
> 250	> 9.9	$d_1 - 11,0$	$d_1 - 0.44$

Depth and chamfer on the locating bore | Profondeur et chanfrein pour le logement
Profundidad y chaflán del taladro de posicionamiento | Profundidade e chanfro no furo de alojamento

b [mm]	b [in]	$t_{1min} (0,85 \times b)$ [mm]	$t_{1min} (0,85 \times b)$ [in]	$t_{2min} (b + 0,3)$ [mm]	$t_{2min} (b + 0,012)$ [in]
7	0.28	5,95	0.23	7,30	0.29
8	0.32	6,80	0.27	8,30	0.33
10	0.39	8,50	0.33	10,30	0.41
12	0.47	10,30	0.41	12,30	0.48
15	0.59	12,75	0.50	15,30	0.60
20	0.79	17,00	0.67	20,30	0.80

Technical Principles | Informations Techniques
Informaciones Técnicas | Principios técnicos

FREUDENBERG SEALING TECHNOLOGIES PARTCOMMUNITY

334820 Shaft seal BAFUDSLX7

FEATURES AND BENEFITS

Headline

IDNR (Ident number)	
ARTIKELNR (Order number)	334820
D1 (Shaft / mm)	30
D2 (Cage / mm)	40
B (Width / mm)	8
NUT (Groove)	without groove
BAUFORM (Design)	AS
DIN (DIN 3761)	72 NBR 902
WS (Material)	to flute
AUS (outside surface)	0.02
DRUCK (Pressure / MPa)	1.150

Bill of Material

N°	Description	Amount
1	BAFUDSLX7 30 40 8 334820	1

www.fst.com

FREUDENBERG
SEALING TECHNOLOGIES

 **FREUDENBERG**
INNOVATING TOGETHER

335174 Shaft seal BAFUDSLX7

FEATURES AND BENEFITS

Headline

IDNR (Ident number)	
ARTIKELNR (Order number)	335174
D1 (Shaft / mm)	95
D2 (Cage / mm)	125
B (Width / mm)	12
NUT (Groove)	without groove
BAUFORM (Design)	AS
DIN (DIN 3761)	72 NBR 902
WS (Material)	to flute
AUS (outside surface)	0.02
DRUCK (Pressure / MPa)	1.450

Bill of Material

N°	Description	Amount
1	BAFUDSLX7 95 125 12 335174	1

www.fst.com

FREUDENBERG
SEALING TECHNOLOGIES

 **FREUDENBERG**
INNOVATING TOGETHER

Página intencionalmente em branco

ANEXO L: Ficha técnica do aço ST-52 da RAMADA Aços®

RAMADA AÇOS

SPECIAL STEEL SOLUTIONS



Bra-Azu-Bra



St 52

Aço construção carbono

W.Nr. 1.0553 / 1.0577

Normas:

EN: S 355 J0 / S 355 J2

AISI: (1024)

DIN: St 52-3 U

Estado de fornecimento:

Natural

Perfis disponíveis:



20 a 330 mm

EN 10060

Chapa

8 a 120 mm

EN 10029

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%):

Aço	C	Si	Mn	P	S	Cu	N
S 355 J0	≤ 0,22	≤ 0,55	≤ 1,60	≤ 0,030	≤ 0,030	≤ 0,55	≤ 0,012
S 355 J2	≤ 0,22	≤ 0,55	≤ 1,60	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,55	---

CARACTERÍSTICAS:

Aço de construção não ligado que, sob os formatos essencialmente redondos e em chapa, tem um largo campo de aplicações, principalmente na construção soldada.

APLICAÇÕES PRINCIPAIS:

Todo o tipo de estruturas: componentes de pontes; guias; componentes de plataformas; equipamentos mineiros de carga e para torres eólicas.

PROPRIEDADES:

Densidade: 7,80 Kg/dm³

Coefficiente de Dilatação Térmica, 10⁻⁶m/mK:

20 a 600 °C	20 a 500 °C	20 a 400 °C	20 a 300 °C	20 a 200 °C	20 a 100 °C
---	---	---	---	---	16

Condutibilidade Térmica, W/mK:

400 °C	200 °C	20 °C
---	42,7	40

Módulo de Elasticidade, GPa:

600 °C	500 °C	400 °C	300 °C	200 °C	100 °C	20 °C	0 °C	-100 °C
---	---	---	---	---	---	200	---	---

Ramada Aços, S.A.

Avenida da Régua, Apartado 10, 3884-004 Ovar

Tel.: +351 256 580 580 | Fax: +351 256 580 500 / +351 256 580 410

www.ramada.pt | acos.ovar@ramada.pt

A informação fornecida é precisa e de confiança contudo, alguns dos valores apresentados são indicativos, não podendo possuir carácter vinculativo, dado existirem variações resultantes de erros associados aos ensaios e às actualizações documentais.

Data de Atualização: 27-06-2018

RAMADA AÇOS
SPECIAL STEEL SOLUTIONS



Bra-Azu-Bra



St 52

Aço construção carbono

W.Nr. 1.0553 / 1.0577

Propriedades Mecânicas:

Ø (mm)	Espessura (t) (mm)	Rm (MPa)	ReH (MPa)	A% (L0=5do)
≤ 16	≤ 16	470 – 630	≥ 355	≥ 22
≤ 40	≤ 40	470 – 630	≥ 345	≥ 22
≤ 63	≤ 63	470 – 630	≥ 335	≥ 21
≤ 80	≤ 80	470 – 630	≥ 325	≥ 20
≤ 100	≤ 100	470 – 630	≥ 315	≥ 20

Aconselhamento Técnico:

A nossa equipa técnica encontra-se disponível para esclarecimento de dúvidas e aconselhamento na selecção do material e tratamento térmico mais adequado à sua aplicação.

Ramada Aços, S.A.

Avenida da Régua, Apartado 10, 3884-004 Ovar
Tel.: +351 256 580 580 | Fax: +351 256 580 500 / +351 256 580 410
www.ramada.pt | acos.ovar@ramada.pt

A informação fornecida é precisa e de confiança contudo, alguns dos valores apresentados são indicativos, não podendo possuir carácter vinculativo, dado existirem variações resultantes de erros associados aos ensaios e às actualizações documentais.

Data de Atualização: 27-06-2018

ANEXO M: Informação técnica sobre revestimentos superficiais: CIN



GUIA DE ESQUEMAS DE PINTURA SEGUNDO EN ISO 12944-5:2007

Data de edição: Junho 2013

PROTECÇÃO ANTICORROSIVA DE ESTRUTURAS DE AÇO

1. Introdução

A parte 5 da norma EN ISO 12944 descreve os diferentes tipos de pintura, esquemas mais utilizados na protecção anticorrosiva de estruturas de aço, espessuras recomendadas e número de demãos. Este guia foi criado com base nessas recomendações da referida norma e tem como objectivo orientá-lo na selecção do esquema mais adequado para os diferentes ambientes (ver parte 2 da norma EN ISO 12944), os diferentes graus de preparação de superfície (ver parte 4 da norma EN ISO 12944) e o grau de durabilidade pretendido (ver parte 1 da norma EN ISO 12944).

2. Classificação de ambientes segundo diferentes categorias de corrosividade

Os ambientes são classificados em função do seu grau de corrosividade ambiental, seja para estruturas expostas à corrosividade atmosférica, enterradas ou imersas.

Na tabela 1 são dados alguns exemplos de ambientes para cada tipo de categoria de corrosividade atmosférica e na tabela 2 os agentes corrosivos previstos quando a estrutura de aço se encontra imersa ou enterrada no solo.

Tabela 1: Categorias de corrosividade atmosférica e exemplos de ambientes típicos.

Categoria de corrosividade	Exterior	Interior
C1 Muito baixa	-	Edifícios com aquecimento e atmosferas limpas.
C2 Baixa	Atmosferas com baixos níveis de contaminação. Áreas rurais.	Edifícios sem aquecimento com possíveis condensações.
C3 Média	Atmosferas urbanas e industriais, com moderada contaminação de SO ₂ . Áreas costeiras com baixa salinidade.	Naves de fabricação com elevada humidade e com alguma contaminação.
C4 Alta	Áreas industriais e áreas costeiras com moderada salinidade.	Indústrias químicas, piscinas.
C5-I Muito alta (industrial)	Áreas industriais com elevada humidade e com atmosfera agressiva.	Edifícios ou áreas com condensações quase permanentes e contaminação elevada.
C5-M Muito alta (marítima)	Áreas costeiras e marítimas com elevada salinidade.	Edifícios ou áreas com condensações permanentes e contaminação elevada.

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente guia. Os esquemas recomendados foram citados com base nas recomendações na norma EN ISO 12944-5. Esta especificação é genérica e deve ser vista como um exemplo possível entre as muitas soluções CIN Protective Coatings. Para a obtenção de uma especificação para um projecto em particular recomendamos que consultem directamente a CIN.

CIN-CORPORAÇÃO INDUSTRIAL DO NORTE, SA
Avenida Dom Mendo, nº831 (antes E.N. 13) - Apartado 1008
4471-909 MAIA PORTUGAL
Telef: 22 940 50 00 - Fax: 22 948 56 61
www.cinprotectice.com - email: customerservice.pt

BARNICES VALENTINE, S.A.U.
C/ Riera Seca, 1 - Pol. Ind. Can Milans
08110 - Montcada i Reixac (Barcelona)
Tel. 34 93 565 66 00 - Fax: 34 93 575 33 60
www.cinprotectice.com - email: valentine@valentine.es

CELLIOSE COATINGS
Chemin de la Verrière - BP 58,
69492 Pierre Bénite Cedex - France
Tél: +33 (0) 472 39 77 77 - Fax: +33 (0) 472 39 77 70
www.celiose.com



BOLETIM TÉCNICO

7P-250 C-THANE® S250

Esmalte de poliuretano acrílico - alifático

Revisão: Julho 2018

DESCRIÇÃO

C-Thane S250 é um esmalte de poliuretano acrílico - alifático cujas principais propriedades são:

- Boa qualidade e aspecto.
- Grande durabilidade ao exterior.
- Boa retenção de brilho e cor à intempérie.
- Elevada dureza e resistência à abrasão mantendo uma boa flexibilidade.
- Cores disponíveis no Industrial Colour System (ICS).
- Ignífugo

APLICAÇÕES PRINCIPAIS

Esmalte de poliuretano acrílico catalizado com isocianatos alifáticos, proporciona acabamentos de excelente qualidade e aspecto.
Demão de acabamento para esquemas de pintura de tipo epoxi ou poliuretano de alta resistência.
Indicado para a pintura de máquinas e estruturas metálicas.

PROPRIEDADES	Acabamento	Brilhante
	Cor	Branco e cores RAL
	Componentes	2
	Proporções (em volume)	Resina 7P-251 4 partes Cure 7P-252 1 parte
	Vida útil da mistura	8 horas a 20°C
	Sólidos em volume	54 % (ISO 3233) Pequenas variações (3 %), podem ocorrer devido a diferenças entre cores e às imprecisões do método. Dados referentes à cor branca.
	Massa Volúmica	1,23 g/mL
	Espessura recomendada (seca)	35 – 50 µm por demão
	Nº de demãos	1 – 2
	Método de aplicação	Pistola convencional, trincha e rolo
	Rendimento teórico	15,3 – 10,7 m²/L Considerem-se as perdas por aplicação, irregularidades da superfície, etc.

1 / 4

É aconselhável verificar periodicamente o estado de atualização do presente Boletim Técnico. A CIN assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela CIN, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à CIN será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecidamente defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

CIN - Corporação Industrial do Norte, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 831 (antes EN13 km6) - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social €25.000.000 - C.R.C. da Maia / NIPC: 500 076 936
CIN Industrial Coatings, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 330 - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social €2.250.000 - C. R. C. da Maia / NIPC: 504 160 583
Tintas Cin Angola, S.A. - R. Pedro Álvares Cabral, nº 21 - Cx Postal 788 - Benguela - Angola - T +244 222 397 527 - tcin@cinangola.co.ao - Cap.Soc. 10.000.320,00 Kz - Contrib. 5403076425 - C.R.C. Benguela nº 4.601, fls. 62, Livº E-22
Tintas Cin de Moçambique, S.A. - Av. das Indústrias, 2507 - Matheu - Moçambique - T +258 21 748 012 - geral@cin.co.mz - Cap. Soc. 2.000.000,00 MT - NÚT 400008857 - C.R.C. Maputo nº 5.165, fls. 11, Livº C-14
CIN Valiente, S.A.U. - P. I. Can Mlans - Riera Seca, 1 - 08110 Montcada i Reixac - España - T +34 93 556 68 00 - customerservice.es@cin.com - C. Soc. €10.000.000 - CIF A-61556713 - Reg. M. Barcelona, T 44576, F 11, H B-160105, I. 59º
Pinturas CIN Canárias, S.A.U. - P. I. Güimar, Manzana 13, Parcela 2 - 38509 Güimar - Tenerife - T +34 902 422 428 - acilientes@cincanarias.com - C. Soc. €1.804.000 - CIF A38453817 - Reg. M. Sta Cruz Tenerife, T 1483, F 149, HTF-15033
Cellulose Coatings, S.A. - Chemin de la Verrière - BP 58 - 69492 Pierre Bénite Cedex - France - T +33 (0) 4 72 39 77 77 - customerservice.fr@cin.com - C. Soc. €2.215.755 - TVA FR07775643976 - RCS de Lyon B 775 643 976

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinaria e ciclo de vida

CIN

BOLETIM TÉCNICO

7P-250 C-THANE® S250

Esmalte de poliuretano acrílico - alifático

Revisão: Julho 2018

Tempo de secagem

a 20 °C e 35 µm:

Ao tacto: 4 horas

Total: 8 horas

Repintura: Min: 4 horas

Max: Prolongado*

Os tempos de secagem dependem da temperatura, ventilação e espessura da película.

*O intervalo máximo de repintura pode ser reduzido em função das condições de exposição a que o revestimento esteve ou vá ficar exposto e da natureza e tipo das demãos subsequentes, pelo que pode haver necessidade de efectuar algum tipo de preparação, como por exemplo, criar rugosidade na superfície.

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE

O bom resultado do esquema de pintura é proporcional ao grau de preparação da superfície. Ter em atenção as recomendações para o primário específico utilizado. Antes da pintura, a demão anterior deve estar limpa, seca e isenta de quaisquer contaminante incluindo depósitos de sal. Também recomendamos, se necessário, uma rugosidade adequada. Eliminar os salpicos das soldaduras. Ter em atenção a aderência dos primários e intermédios recomendados, tanto para os mínimos como para os máximos intervalos de repintura.

APLICAÇÃO

Adicionar o componente cure ao componente resin e homogeneizar durante 5 minutos. Em zonas fechadas deverão criar-se boas condições de ventilação durante a aplicação e secagem de forma a que os solventes sejam eliminados.

Condições ambientais de aplicação:

Temperatura 10 – 45 °C

Humidade relativa 0 – 85 %

Temperatura mínima do suporte 3 °C acima do ponto de orvalho

Equipamento de aplicação:

Pistola convencional

Recomendado

Bico 0,055 - 0,070 polegadas (1,39 – 1,77 mm)

Pressão de ar 3,1 – 4,2 kg/cm²

Pressão da tinta 0,7 – 1,4 kg/cm²

Diluição 2 – 10 %

2 / 4

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente Boletim Técnico. A CIN assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela CIN, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à CIN será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecidamente defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

CIN - Corporação Industrial do Norte, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 831 (antes EN13 km8) - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social € 25.000.000 - C.R.C. da Maia / NIPC: 500 076 936
CIN Industrial Coatings, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 330 - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social € 2.250.000 - C. R. C. da Maia / NIPC 504 160 583
Tintas Cin Angola, S.A. - R. Pedro Álvares Cabral, nº 21 - Cx Postal 788 - Benguela - Angola - T +244 222 397 527 - tcin@cinangola.co.ao - Cap.Soc. 10.000.320,00 Kz - Contrib: 5403076425 - C.R.C. Benguela nº 4.601, Its. 62, Lixª E-22
Tintas Cin de Moçambique, S.A. - Av. das Indústrias, 2507 - Matheva - Moçambique - T +258 21 748 012 - geral@cin.co.mz - Cap. Soc. 2.000.000,00 MT - NUIT 400006857 - C.R.C. Maputo nº 5.165, Its. 11, Lixª C-14
CIN Valentine, S.A.U. - P. I. Can Milans - Riera Seca, 1 - 08110 Montcada i Reixac - España - T +34 93 565 66 00 - customerservice.es@cin.com - C. Soc. € 10.000.000 - CIF A-61356713 - Reg. M. Barcelona, T 44576, F 11, H B-160105, L 59ª
Pinturas CIN Canárias, S.A.U. - P. I. Güimar, Manzana 13, Parcela 2 - 38509 Güimar - Tenerife - T +34 902 422 428 - clientes@cincanarias.com - C. Soc. € 1.804.000 - CIF A38453817 - Reg. M. Sta Cruz Tenerife, T 1483, F 149, H TF-15033
Celliose Coatings, S.A. - Chemin de la Verrière - BP 58 - 69492 Pierre Bénite Cedex - France - T +33 (0) 4 72 39 77 77 - customerservice.fr@cin.com - C. Soc. € 2.215.755 - TVA FR07775643976 - RCS de Lyon B 775 643 976



BOLETIM TÉCNICO

7P-250 C-THANE® S250

Esmalte de poliuretano acrílico - alifático

Revisão: Julho 2018

Trincha / Rolo

Diluição 0 - 10%

Diluyente: 7Q-680.0000 (CP-81); Diluyente de limpeza: 7Q-680.0000 (CP-81)

INFORMAÇÃO COMPLEMENTAR

Mecanismo de secagem - Por evaporação de solventes e reacção química entre componentes

Compostos Orgânicos Voláteis (COV)

Valor limite da UE para o produto (cat. A/j): 500 g/L

Conteúdo máximo em COV 472 g/L (TVOC: 42%) *

Forma de fornecimento: < 433 g/L (TVOC: < 38%)

COV Resin: 401 g/L (TVOC: 34%)

COV Cure: 462 g/L (TVOC: 45%)

COV Diluyente: 862 g/L (TVOC: 100%)

COV Diluyente de limpeza: 862 g/L (TVOC: 100%)

* O valor de COV's acima referido diz respeito ao produto pronto a aplicar tintado, diluído, etc., com produtos por nós recomendados. Não nos responsabilizamos por produtos obtidos por misturas com produtos diferentes dos por nós recomendados, e chamamos a atenção para a responsabilidade que qualquer agente ao longo da cadeia de fornecimento incorre ao infringir o que a Directiva 2004/42/CE determina.

Ponto de inflamação (Vaso fechado)

Resin 45 °C

Cure 26 °C

Diluyente 20 °C

Diluyente de limpeza 20 °C

Forma de fornecimento

Resin 16, 3,2 e 0,6 L

Cure 4, 0,8 e 0,15 L

Estabilidade

Armazenado nas embalagens de origem, em interior, entre 5 e 40°C, Resin: 24 meses, Cure: 12 meses.

ESQUEMA DE PINTURA

Aço: Todo o tipo de primários e intermédios epoxi.

HOMOLOGAÇÕES E CERTIFICADOS

O C-Thane S250 está certificado com classificação B-s1, d0 segundo a norma EN 13501-1.

Categoria de corrosividade C3 segundo EN ISO 12944-6, durabilidade alta, do esquema de pintura:

C-Pox Primer ZP200 HB 100 µm

C-Thane S250 50 µm

3 / 4

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente Boletim Técnico. A CIN assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela CIN, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à CIN será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecidamente defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

CIN - Corporação Industrial do Norte, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 831 (antes EN13 km8) - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social €25.000.000 - C.R.C. da Maia / NIPC: 500 076 936
CIN Industrial Coatings, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 330 - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social €2.250.000 - C. R. C. da Maia / NIPC 504 160 583
Tintas Cin Angola, S.A. - R. Pedro Álvares Cabral, nº 21 - Cx Postal 788 - Benguela - Angola - T +244 222 397 527 - tcin@cinangola.co.ao - Cap.Soc. 10.000.320,00 Kz - Contrib. 5403076425 - C.R.C. Benguela nº 4.601, It. 62, Lixº E-22
Tintas Cin de Moçambique, S.A. - Av. das Indústrias, 2507 - Matheva - Moçambique - T +258 21 748 012 - geral@cin.co.mz - Cap. Soc. 2.000.000,00 MT - NUIT 400006857 - C.R.C. Maputo nº 5.165, It. 11, Lixº C-14
CIN Valentine, S.A.U. - P. I. Can Milans - Riera Seca, 1 - 08110 Montcada i Reixac - España - T +34 93 565 66 00 - customerservice.es@cin.com - C. Soc. €10.000.000 - CIF A-61356713 - Reg. M. Barcelona, T 44576, F 11, H B-160105, L 59º
Pinturas CIN Canárias, S.A.U. - P. I. Güimar, Manzana 13, Parcela 2 - 38509 Güimar - Tenerife - T +34 902 422 428 - acientes@cincanarias.com - C. Soc. €1.804.000 - CIF A38453817 - Reg. M. Sta Cruz Tenerife, T 1483, F 149, H TF-15033
Cellulose Coatings, S.A. - Chemin de la Verrière - BP 58 - 69492 Pierre Bénite Cedex - France - T +33 (0) 4 72 39 77 77 - customerservice.fr@cin.com - C. Soc. €2.215.755 - TVA FR07775643976 - RCS de Lyon B 775 643 976

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinaria e ciclo de vida



BOLETIM TÉCNICO

7P-250 C-THANE® S250

Esmalte de poliuretano acrílico - alifático

Revisão: Julho 2018

OBSERVAÇÕES

Devido ao baixo poder de opacidade de algumas cores, pode ser necessário aplicar demãos adicionais para conseguir uma aparência uniforme.

SEGURANÇA, SAÚDE E AMBIENTE

Em geral, evite o contacto com os olhos e a pele, use luvas, óculos de protecção e vestuário apropriado. Manter fora do alcance das crianças. Utilizar somente em locais bem ventilados. Não deitar os resíduos no esgoto. Conserve a embalagem bem fechada e em local apropriado. Assegure o transporte adequado do produto; previna qualquer acidente ou incidente que possa ocorrer durante o transporte nomeadamente a ruptura ou deterioração da embalagem. Mantenha a embalagem em local seguro e em posição correcta. Não utilize nem armazene o produto em condições extremas de temperatura. Deverá ter sempre em conta a legislação em vigor relativa a Ambiente, Higiene, Saúde e Segurança no trabalho.

Para mais informações, a leitura do rótulo da embalagem e da FICHA DE SEGURANÇA deste produto, dos seus componentes e de todos os produtos complementares, referidos neste Boletim Técnico, são fundamentais.

4 / 4

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente Boletim Técnico. A CIN assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela CIN, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à CIN será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecidamente defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

CIN - Corporação Industrial do Norte, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 831 (antes EN13 km6) - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social €25.000.000 - C.R.C. da Maia / NIPC: 500 076 936
CIN Industrial Coatings, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 330 - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social €2.250.000 - C. R. C. da Maia / NIPC: 504 160 583
Tintas Cin Angola, S.A. - R. Pedro Álvares Cabral, nº 21 - Cx Postal 788 - Benguela - Angola - T +244 222 397 527 - tcin@cinangola.co.ao - Cap.Soc. 10.000.320,00 Kz - Contrib: 5403076425 - C.R.C. Benguela nº 4.601, lts. 62, Lixº E-22
Tintas Cin de Moçambique, S.A. - Av. das Indústrias, 2507 - Matheva - Moçambique - T +258 21 748 012 - geral@cin.co.mz - Cap. Soc. 2.000.000,00 MT - NUIT 400006857 - C.R.C. Maputo nº 5.165, lts. 11, Lixº C-14
CIN Valentine, S.A.U. - P. I. Can Milans - Riera Seca, 1 - 08110 Montcada i Reixac - España - T +34 93 565 66 00 - customerservice.es@cin.com - C. Soc. € 10.000.000 - CIF A-61356713 - Reg. M. Barcelona, T 44576, F 11, H B-160105, I 59º
Pinturas CIN Canárias, S.A.U. - P. I. Güimar, Manzana 13, Parcela 2 - 38509 Güimar - Tenerife - T +34 902 422 428 - acientes@cincanarias.com - C. Soc. € 1.804.000 - CIF A38453817 - Reg. M. Sta Cruz Tenerife, T 1483, F 149, H TF-15033
Cellulose Coatings, S.A. - Chemin de la Verrière - BP 58 - 69492 Pierre Bénite Cedex - France - T +33 (0) 4 72 39 77 77 - customerservice.fr@cin.com - C. Soc. € 2.215.755 - TVA FR07775643976 - RCS de Lyon B 775 643 976



BOLETIM TÉCNICO

7K-586 C-POX® PRIMER FA (EPOCROM FA)

Primário de aderência epoxi

Revisão: Novembro 2018

DESCRIÇÃO

C-Pox Primer FA é um primário de aderência epóxi cujas principais propriedades são:

- Excelente aderência sobre superfícies galvanizadas, inoxidável, alumínio, cobre, ligas leves e superfícies não ferrosas em geral
- Boa resistência em ambientes agressivos
- Grande dureza e resistência à abrasão
- Boa aderência sobre materiais cerâmicos em interior.

APLICAÇÕES PRINCIPAIS

Primário de aderência para esquemas de pintura sobre superfícies metálicas não ferrosas submetidas a ambientes de elevada agressividade.
Adequado como primário de aderência sobre materiais cerâmicos em interior.

PROPRIEDADES

Acabamento	Mate						
Cor	Cinzentos (RAL-9018), Verde (5101), Branco (0501) Outras cores: a pedido						
Componentes	2						
Proporções (em volume)	<table><tr><td>Resin</td><td>7K-587</td><td>4 partes</td></tr><tr><td>Cure</td><td>7K-588</td><td>1 parte</td></tr></table>	Resin	7K-587	4 partes	Cure	7K-588	1 parte
Resin	7K-587	4 partes					
Cure	7K-588	1 parte					
Vida útil da mistura	8 horas a 20 °C						
Sólidos em volume	46 % (ISO 3233) Pequenas variações (± 3 %) podem ocorrer, devido a diferenças entre cores e imprecisões do método.						
Massa Volúmica	1,50 g/mL						
Espessura recomendada (seca)	25 - 30 µm por demão						
N.º de demãos	1						
Método de aplicação	Pistola convencional e <i>airless</i> , trincha e rolo						
Rendimento teórico	15,3 m²/L a 30 µm Considerem-se as perdas por aplicação, irregularidades da superfície, etc.						

1 / 4

É aconselhável verificar periodicamente o estado de atualização do presente Boletim Técnico. A CIN assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela CIN, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à CIN será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecidamente defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

CIN - Corporação Industrial do Norte, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 831 (antes EN13 km8) - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social €25.000.000 - C.R.C. da Maia / NIPC: 500 076 936
CIN Industrial Coatings, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 330 - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social €2.250.000 - C. R. C. da Maia / NIPC 504 160 583
Tintas Cin Angola, S.A. - R. Pedro Álvares Cabral, nº 21 - Cx Postal 788 - Benguela - Angola - T +244 222 397 527 - tcin@cinangola.co.ao - Cap.Soc. 10.000.320,00 Kz - Contrib: 5403076425 - C.R.C. Benguela nº 4.601, It. 62, Lixº E-22
Tintas Cin de Moçambique, S.A. - Av. das Indústrias, 2507 - Matheva - Moçambique - T +258 21 748 012 - geral@cin.co.mz - Cap. Soc. 2.000.000,00 MT - NUIT 400006857 - C.R.C. Maputo nº 5.165, It. 11, Lixº C-14
CIN Valentine, S.A.U. - P. I. Can Milans - Riera Seca, 1 - 08110 Montcada i Reixac - España - T +34 93 565 66 00 - customerservice.es@cin.com - C. Soc. € 10.000.000 - CIF A-61356713 - Reg. M. Barcelona, T 44576, F 11, H B-160105, I 59ª
Pinturas CIN Canárias, S.A.U. - P. I. Güimar, Manzana 13, Parcela 2 - 38509 Güimar - Tenerife - T +34 902 422 428 - acientes@cincanarias.com - C. Soc. € 1.804.000 - CIF A38453817 - Reg. M. Sta Cruz Tenerife, T 1483, F 149, H TF-15033
Cellulose Coatings, S.A. - Chemin de la Verrière - BP 58 - 69492 Pierre Bénite Cedex - France - T +33 (0) 4 72 39 77 77 - customerservice.fr@cin.com - C. Soc. € 2.215.755 - TVA FR07775643976 - RCS de Lyon B 775 643 976

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinaria e ciclo de vida



BOLETIM TÉCNICO

7K-586 C-POX® PRIMER FA (EPOCROM FA)

Primário de aderência epoxi

Revisão: Novembro 2018

Tempo de secagem

a 20 °C e 30 µm:

Ao tacto:	2 horas
Profundidade:	4 horas
Repintura:	Mín.: 4 horas
	Max.: Prolongado*

Os tempos de secagem dependem da temperatura, ventilação e espessura da película.

* O intervalo máximo de repintura pode ser reduzido em função das condições de exposição a que o revestimento esteve ou vá ficar exposto e da natureza e tipo de revestimento das demãos subsequentes, pelo que pode haver necessidade de efectuar algum tipo de preparação, como por exemplo, criar rugosidade na superfície.

ESQUEMAS DE PINTURA

Demãos intermédias e acabamentos: acrílicas, borracha clorada, epóxis e poliuretanos.

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE

Aço – Mín: Sa 2½ de acordo com ISO 8501-1.

Superfícies metálicas não ferrosas: Desengordurar.

Antes da pintura, a demão anterior deve estar limpa, seca e isenta de qualquer contaminante incluindo depósitos de sal. Também recomendamos, se necessário, uma rugosidade adequada. Eliminar os salpicos das soldaduras.

Materiais cerâmicos: Recomenda-se a foscagem da superfície mediante lixagem. Desengordurar previamente antes da pintura.

APLICAÇÃO

Adicionar o componente *cure* ao componente *resin* e homogeneizar durante 5 minutos. Em zonas fechadas deverão criar-se boas condições de ventilação durante a aplicação e secagem de forma a que os solventes sejam eliminados.

Condições ambientais de aplicação:

Temperatura do ar	10 a 45 °C
Humidade relativa	< 85 %
Temperatura mínima do suporte	3 °C acima do ponto de orvalho

Equipamento de aplicação:

Pistola convencional	Recomendado
Bico	0,055 - 0,070 polegadas (1,39 – 1,77 mm)
Pressão de ar	3,5 – 5,3 kg/cm ²
Pressão da tinta	0,7 – 1,7 kg/cm ²
Diluição	5 – 10 %

2 / 4

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente Boletim Técnico. A CIN assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela CIN, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à CIN será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecida defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

CIN - Corporação Industrial do Norte, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 831 (antes EN13 km8) - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social €25.000.000 - C.R.C. da Maia / NIPC: 500 076 936
CIN Industrial Coatings, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 330 - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social €2.250.000 - C.R.C. da Maia / NIPC: 504 160 583
Tintas Cin Angola, S.A. - R. Pedro Álvares Cabral, nº 21 - Cx Postal 788 - Benguela - Angola - T +244 222 397 527 - tcin@cinangola.co.ao - Cap.Soc. 10.000.320,00 Kz - Contrib: 5403076425 - C.R.C. Benguela nº 4.601, It. 62, Lixº E-22
Tintas Cin de Moçambique, S.A. - Av. das Indústrias, 2507 - Matheva - Moçambique - T +258 21 748 012 - geral@cin.co.mz - Cap. Soc. 2.000.000,00 MT - NUIT: 400006857 - C.R.C. Maputo nº 5.165, It. 11, Lixº C-14
CIN Valentine, S.A.U. - P. I. Can Milans - Riera Seca, 1 - 08110 Montcada i Reixac - España - T +34 93 565 66 00 - customerservice.es@cin.com - C. Soc. € 10.000.000 - CIF A-61356713 - Reg. M. Barcelona, T 44576, F 11, H B-160105, I 59º
Pinturas CIN Canárias, S.A.U. - P. I. Güimar, Manzana 13, Parcela 2 - 38509 Güimar - Tenerife - T +34 902 422 428 - acilientes@cincanarias.com - C. Soc. € 1.804.000 - CIF A38453817 - Reg. M. Sta Cruz Tenerife, T 1483, F 149, H TF-15033
Celliose Coatings, S.A. - Chemin de la Verrière - BP 58 - 69492 Pierre Bénite Cedex - France - T +33 (0) 4 72 39 77 77 - customerservice.fr@cin.com - C. Soc. € 2.215.755 - TVA FR07775643976 - RCS de Lyon B 775 643 976



BOLETIM TÉCNICO

7K-586 C-POX® PRIMER FA (EPOCROM FA)

Primário de aderência epoxi

Revisão: Novembro 2018

Pistola <i>airless</i>	Recomendado
Bico	0,015 - 0,019 polegadas (0,38 – 0,48 mm)
Relação de compressão	30 : 1
Pressão de trabalho	150 - 170 kg/cm ²
Diluição	0 – 5 %
Trincha/Rolo	Recomendado
Diluição	0 – 5 %
Diluyente:	7S-902 (Dil. CP-40)
Diluyente de limpeza:	7S-902 (Dil. CP-40)

HOMOLOGAÇÕES E CERTIFICADOS	Resistência aos ciclos térmicos: -196 °C / + 120 °C sobre aço inoxidável.
	Ausência de componentes voláteis halogenados (< 60 ppm em componente <i>resin</i>).

INFORMAÇÃO COMPLEMENTAR

Mecanismo de secagem – Por evaporação de solventes e reacção química entre componentes.

Compostos Orgânicos Voláteis (COV)

Valor limite da UE para o produto (cat. A/j): 500 g/L

Conteúdo máximo em COV 500 g/L (TVOC: 37 %) *

Forma de fornecimento: < 464 g/L (TVOC < 33 %)

COV *Resin*: 449 g/L (TVOC: 30 %)

COV *Cure*: 524 g/L (TVOC: 58 %)

COV Diluyente: 859 g/L (TVOC: 100 %)

COV Diluyente de limpeza: 859 g/L (TVOC: 100 %)

* O valor de COV's acima referido diz respeito ao produto pronto a aplicar tintado, diluído, etc., com produtos por nós recomendados. Não nos responsabilizamos por produtos obtidos por misturas com produtos diferentes dos por nós recomendados, e chamamos a atenção para a responsabilidade que qualquer agente ao longo da cadeia de fornecimento incorre ao infringir o que a Directiva 2004/42/CE determina.

Ponto de inflamação

Resin 25 °C

Cure 16 °C

Diluyente 16 °C

Diluyente de limpeza 16 °C

Forma de fornecimento

Resin 16, 3,2 e 0,6 L

Cure 4, 0,8 e 0,15 L

Estabilidade

Armazenado nas embalagens de origem, em interior, entre 5 e 40 °C, *Resin*: 2 anos, *Cure*: 2 anos.

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente Boletim Técnico. A CIN assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela CIN, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à CIN será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecida defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

CIN - Corporação Industrial do Norte, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 831 (antes EN13 km8) - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social €25.000.000 - C.R.C. da Maia / NIPC: 500 076 936
CIN Industrial Coatings, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 330 - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social €2.250.000 - C. R. C. da Maia / NIPC: 504 160 583
Tintas Cin Angola, S.A. - R. Pedro Álvares Cabral, nº 21 - Cx Postal 788 - Benguela - Angola - T +244 222 397 527 - tcin@cinangola.co.ao - Cap.Soc. 10.000.320,00 Kz - Contrib. 5403076425 - C.R.C. Benguela nº 4.601, It. 62, Lixº E-22
Tintas Cin de Moçambique, S.A. - Av. das Indústrias, 2507 - Matheva - Moçambique - T +258 21 748 012 - geral@cin.co.mz - Cap. Soc. 2.000.000,00 MT - NUIT 400006857 - C.R.C. Maputo nº 5.165, It. 11, Lixº C-14
CIN Valentine, S.A.U. - P. I. Can Milans - Riera Seca, 1 - 08110 Montcada i Reixac - España - T +34 93 565 66 00 - customerservice.es@cin.com - C. Soc. € 10.000.000 - CIF A-61356713 - Reg. M. Barcelona, T 44576, F 11, H B-160105, I 59º
Pinturas CIN Canárias, S.A.U. - P. I. Güimar, Manzana 13, Parcela 2 - 38509 Güimar - Tenerife - T +34 902 422 428 - acientes@cincanarias.com - C. Soc. € 1.804.000 - CIF A38453817 - Reg. M. Sta Cruz Tenerife, T 1483, F 149, H TF-15033
Celliose Coatings, S.A. - Chemin de la Verrière - BP 58 - 69492 Pierre Bénite Cedex - France - T +33 (0) 4 72 39 77 77 - customerservice.fr@cin.com - C. Soc. € 2.215.755 - TVA FR07775643976 - RCS de Lyon B 775 643 976

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinaria e ciclo de vida



BOLETIM TÉCNICO

7K-586 C-POX® PRIMER FA (EPOCROM FA)

Primário de aderência epoxi

Revisão: Novembro 2018

SEGURANÇA, SAÚDE E AMBIENTE

Em geral, evite o contacto com os olhos e a pele, use luvas, óculos de protecção e vestuário apropriado. Manter fora do alcance das crianças. Utilizar somente em locais bem ventilados. Não deitar os resíduos no esgoto. Conserve a embalagem bem fechada e em local apropriado. Assegure o transporte adequado do produto; previna qualquer acidente ou incidente que possa ocorrer durante o transporte nomeadamente a ruptura ou deterioração da embalagem. Mantenha a embalagem em local seguro e em posição correcta. Não utilize nem armazene o produto em condições extremas de temperatura. Deverá ter sempre em conta a legislação em vigor relativa a Ambiente, Higiene, Saúde e Segurança no trabalho.

Para mais informações, a leitura do rótulo da embalagem e da FICHA DE SEGURANÇA deste produto, dos seus componentes e de todos os produtos complementares, referidos neste Boletim Técnico, é fundamental.

4 / 4

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente Boletim Técnico. A CIN assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela CIN, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à CIN será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecidamente defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

CIN - Corporação Industrial do Norte, S.A. - Av de Dom Mendo, nº 831 (antes EN13 km8) - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social € 25.000.000 - C.R.C. da Maia / NIPC 500 076 936
CIN Industrial Coatings, S.A. - Av. de Dom Mendo, nº 330 - 4474-009 Maia - Portugal - T +351 229 405 000 - customerservice@cin.com - Capital Social € 2.250.000 - C. R. C. da Maia / NIPC 504 160 583
Tintas Cin Angola, S.A. - R. Pedro Álvares Cabral, nº 21 - Cx Postal 788 - Benguela - Angola - T +244 222 397 527 - tcin@cinangola.co.ao - Cap.Soc. 10.000.320,00 Kz - Contrib: 5403076425 - C.R.C. Benguela nº 4.601, lts. 62, Lixº E-22
Tintas Cin de Moçambique, S.A. - Av. das Indústrias, 2507 - Matheva - Moçambique - T +258 21 748 012 - geral@cin.co.mz - Cap. Soc. 2.000.000,00 MT - NUIT 400006857 - C.R.C. Maputo nº 5.165, lts. 11, Lixº C-14
CIN Valentine, S.A.U. - P. I. Can Milans - Riera Seca, 1 - 08110 Montcada i Reixac - España - T +34 93 565 66 00 - customerservice.es@cin.com - C. Soc. € 10.000.000 - CIF A-61356713 - Reg. M. Barcelona, T 44576, F 11, H B-160105, I 59º
Pinturas CIN Canárias, S.A.U. - P. I. Güimar, Manzana 13, Parcela 2 - 38509 Güimar - Tenerife - T +34 902 422 428 - acientes@cincanarias.com - C. Soc. € 1.804.000 - CIF A38453817 - Reg. M. Sta Cruz Tenerife, T 1483, F 149, H TF-15033
Cellulose Coatings, S.A. - Chemin de la Verrière - BP 58 - 69492 Pierre Bénite Cedex - France - T +33 (0) 4 72 39 77 77 - customerservice.fr@cin.com - C. Soc. € 2.215.755 - TVA FR07775643976 - RCS de Lyon B 775 643 976

Página intencionalmente em branco

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

ANEXO N: Especificações técnicas do torno HAAS CNC ST10Y



Warranty: 1 Year Parts and Labor

[Standard Features]

- 6.5" Hydraulic Chucking System
- 6000-rpm Spindle
- 15 hp Vector Drive
- A2-5 Spindle Nose
- 1.75" Bar Capacity
- 15" Color LCD Monitor w/USB Port
- 1 MB Program Memory
- Rigid Tapping
- Made in the USA

[ST-10]

- 14" x 16" Max Capacity
- 12-Station BOT Turret
- 1200 ipm Rapids

[ST-10Y]

- 12" x 16" Max Capacity
- ± 2.0 " Y-Axis Travel
- 6000-rpm Live Tooling with C Axis
- 12-Station Hybrid BOT/VDI Turret
- 1200 ipm Z-Axis Rapids

[Options] partial list

- Tailstock with Hydraulic Quill
- High-Pressure Coolant Systems
- Automatic Tool Presetter System
- Automatic Parts Catcher System
- Belt-Type Chip Conveyor
- Ethernet Interface
- Haas Intuitive Programming System
- Haas Bar Feeder
- Auto Door



Haas Automation, Inc. | www.HaasCNC.com | 800-331-6746 | Made in U.S.A.

Specifications subject to change without notice. Not responsible for typographical errors. Machines shown with optional equipment.

[Technical Specifications]

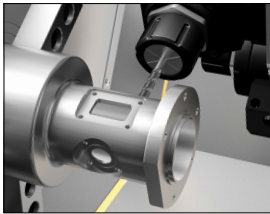
Haas ST-10 Series Lathes

The High-Performance Turning Centers

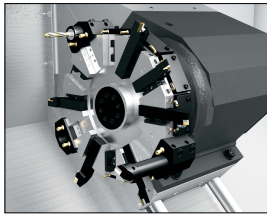


The ST-10 has a small footprint, yet provides a maximum capacity of 14" x 16", with a maximum part swing of 16.5". The spindle turns to 6000 rpm, and the 15 hp vector drive system provides 75 ft-lb of cutting torque. A 6.5" hydraulic chucking system and 12-station turret are standard.

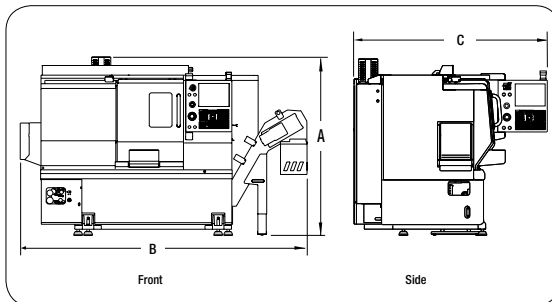
The ST-10Y adds 4" of Y-axis travel ($\pm 2"$ from the centerline) for off-center milling, drilling, and tapping, and comes standard with 6000-rpm live tooling and a C axis for versatile 4-axis capability.



The ST-10Y's generous Y-axis travel, high-speed live tooling, and C-axis motion allow multiple operations in a single setup to reduce part handling and increase accuracy.



Both ST-10 models are equipped with a 12-station turret (BOT or hybrid BOT/VDI) that indexes quickly to reduce cycle times.



Operating Dimensions	ST-10/ST-10Y
A. Max Operating Height	73" 1 854 mm
B. Max Operating Width	126" 3 200 mm
C. Max Operating Depth ¹	73" 1 854 mm

¹ With control swung forward. Additional 36" (914 mm) required to open rear service panel.



Specifications subject to change without notice.
Not responsible for typographical errors.
Machines shown with optional equipment.

Feb 2017

[Specifications]

Capacities	ST-10	ST-10Y
Chuck Size	6.5" 165 mm	6.5" 165 mm
Max Cutting Dia.	14" ¹ 356 mm	12" 305 mm
Max Cutting Length without workholding	16" 406 mm	16" 406 mm
Std. Bar Capacity	1.75" 44 mm	1.75" 44 mm

Spindle

Max Speed	6000 rpm	6000 rpm
Max Motor Rating	15 hp 11.2 kW	15 hp 11.2 kW
Max Torque	75 ft-lb @ 1300 rpm 102 Nm @ 1300 rpm	75 ft-lb @ 1300 rpm 102 Nm @ 1300 rpm
Spindle Nose	A2-5	A2-5
Spindle Bore	Ø2.31" Ø58.7 mm	Ø2.31" Ø58.7 mm

Swing Diameter

Max Part Diameter	16.5" 419 mm	16.5" ² 419 mm
Swing Over Wedge	16.5" 419 mm	16.5" ² 419 mm

Travels & Feeds

X Axis	7.88" 200 mm	7.88" 200 mm
Y Axis	—	$\pm 2.0"$ ± 51 mm
Z Axis	16" 406 mm	16" 406 mm
X-Axis Rapids	1200 ipm 30.5 m/min	472 ipm 12 m/min
Y-Axis Rapids	—	472 ipm 12 m/min
Z-Axis Rapids	1200 ipm 30.5 m/min	1200 ipm 30.5 m/min

General

Power – 3-Phase	195 - 260 V	195 - 260 V
-----------------	-------------	-------------

¹ Max diameter with standard BOT turret; VB = 12" (305 mm); VDI=9.0" (229 mm).
² With Y axis at 0.

ANEXO O: Folhas de Fabrico

Código do componente: CTMBSH	Desenho nº: AS000023
Desenho de operação de corte: CTMBSHC	Desenho nº: AS000060
Material: F-10 RAMADA Aços® (DIN Ck45)	Item nº (lista de peças): 48

Processos de Fabrico:

1. Corte por Serrote Mecânico:
 - a. Máquina: Makimak S2C 450;
 - b. Dimensões: $\phi 30\text{mm} \times 150\text{mm}$;
 - c. Peso final aproximado: 0,833 kg;
2. Maquinagem:
 - a. Matéria-prima: $\phi 30\text{mm} \times 150\text{mm}$;
 - b. Máquina: HAAS ST10Y;
 - i. Ferramentas:
 1. Suporte Sandvik Coromant CoroTurn® 107
 - a. Pastilha Sandvik Coromant: DCMT 11 T3 08 – PM 4325;
 - b. Pastilha Sandvik Coromant: DCMX 11 T3 04 – WF 5015;
 2. Suporte Sandvik Coromant CoroCut®
 - a. Pastilha T-Max® Q-Cut: N151.2-300-7E-1125;
 3. Broca helicoidal Garant $\phi 6\text{mm}$;
 4. Broca de ponto Horex $\phi 3,15\text{mm}$;
 - c. Sequência de maquinagem: disponível no capítulo 6 da dissertação;
 - d. Peso final aproximado: 0,371 kg.

Código do componente: CTC	Desenho nº: AS000001
Desenho de modelo: CTCF	Desenho nº: AS000069
Material: FC-250 (DIN EN-GJL-250)	Item nº (lista de peças): 56

Processos de Fabrico:

1. Fundição:
 - a. Moldação em areia verde;
 - b. Sobre-espessura para maquinagem: 7mm;
 - c. Peso final aproximado: 218,730 kg;
 2. Maquinagem:
 - a. Matéria-prima: de fundição;
 - b. Máquina: HAAS EC1600ZT;
 - i. Ferramentas:
 - c. Sequência de maquinagem;
 - d. Peso final aproximado: 192,709 kg;
 3. Retificação:
 - a. Máquina: Knuth HFS B VC – Advance 80150;
 - i. Mó:
 - b. Rugosidade final esperada: Ra 0,1 µm;
 4. Revestimento superficial:
 - a. Categoria de corrosividade: C4;
 - b. Decapagem por jato abrasivo grau SA 2^{1/2};
 - c. Primário: CIN 7K-586 C-POX® PRIMER FA;
 - i. Primário de aderência epóxi;
 - ii. 1 demão;
 - iii. Espessura recomendada (seca) de 30 µm por demão;
 - d. Tinta: CIN 7P-250 C-THANE® S250;
 - i. Esmalte de poliuretano acrílico – alifático;
 - ii. 2 demão;
 - iii. Espessura recomendada (seca) de 50 µm por demão.
-

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

Código do componente: CTV2MBZ6

Desenho nº: AS000012

Desenho de modelo: CTV2MBZ6C

Desenho nº: AS000051

Material: RPM32 RAMADA Aços®
(DIN 42CrMo4)

Item nº (lista de peças): 26

Processos de Fabrico:

1. Corte por Serrote Mecânico:
 - a. Máquina: Makimak S2C 450;
 - b. Dimensões: $\phi 165\text{mm} \times 115\text{mm}$;
 - c. Peso final aproximado: 19,180 kg;
2. Maquinagem:
 - a. Matéria-prima: de fundição;
 - b. Máquina1: HAAS ST10;
 - i. Ferramentas:
 - c. Máquina 2: Hoston Fresadora geradora de engrenagem YK3130;
 - i. Ferramentas:
 - d. Máquina 3: Ohio Broach RP/224
 - i. Ferramentas:
 - e. Sequência de maquinagem;
 - f. Peso final aproximado: 6,422 kg;
3. Retificação:
 - a. Máquina: Samputensili CNC G450;
 - i. Mó:
 - b. Rugosidade final esperada: $Ra\ 0,6\ \mu\text{m}$;
4. Tratamento Térmico:
 - a. Têmpera
 - i. Temperatura: 820°C - 880°C ;
 - ii. Arrefecimento em óleo;
 - iii. À chama ou por indução.

Página intencionalmente em branco

ANEXO P: Tabelas auxiliares para a FMECA

Tabela 53: Classificação da Severidade (S) segundo [32].

Valor	Efeito	Descrição do efeito	Efeito no cliente	Ação requerida
10	Perigoso sem aviso	Coloca em perigo o operador do equipamento e não cumpre a legislação (ambiente e segurança) em vigor.	Insatisfação total do cliente. A falha ocorre sem aviso prévio.	Recolha do produto do mercado.
9	Perigoso com aviso	Pode colocar em perigo o operador do equipamento e não cumpre a legislação (ambiente e segurança) em vigor.	Elevada insatisfação do cliente. A falha ocorre com aviso prévio.	O produto deve ser recolhido do mercado.
8	Muito alto	A falha gera produtos fora de especificação não sendo por vezes detetado na linha de produção.	Cliente muito insatisfeito. Produto fora de especificação.	Implementação imediata de ações preventivas e corretivas.
7	Alto	A falha gera produtos fora de especificação, sendo detetado no processo interno de inspeção.	Insatisfação do cliente. Produto fora de especificação	Implementação imediata de ações preventivas e corretivas.
6	Moderado	A falha gera produtos fora de especificação, sendo detetado nos processos seguintes de inspeção.	Insatisfação moderada do cliente. Produto dentro do limite de tolerância.	Intensificar as ações controlo e correção imediata.
5	Baixo	A falha pode gerar produtos fora de especificação, sendo detetado nesse processo interno de inspeção.	Cliente sente algum desconforto. Potencial influência no processo no cliente.	Intensificar as ações controlo e correção.
4	Muito baixo	A falha pode gerar produtos fora de especificação nos processos seguintes.	Ligeiro desconforto do cliente. Pode influenciar o seu processo de fabrico.	Intensificar as ações controlo e correção.
3	Menor	A falha ligeira pode gerar produtos fora de especificação nos processos seguintes.	Cliente apercebe-se. Contudo, não influencia o seu processo de fabrico.	Intensificar as ações de controlo.
2	Muito menor	A falha ligeira não gera produtos fora de especificação nos processos seguintes.	Cliente pode aperceber-se. Contudo, não tem qualquer influência no seu processo de fabrico.	Verificar ajustes.
1	Improvável	Não tem efeito real.	O cliente não verifica qualquer defeito.	Sem ação específica.

Tabela 54: Classificação da frequência de ocorrência (O) segundo [32].

Valor	Categoria	Critério de ocorrência	Valor [ppm]
10	Muito alta	Falha quase inevitável	> 100000
9	Alta	Geralmente associada com processos semelhantes a processos anteriores e que muitas vezes falham.	50000
8			20000
7			10000
6	Moderada	Geralmente associada com processos semelhantes a processos anteriores e que ocasionalmente falham.	5000
5			2000
4			1000
3	Baixa	Falhas isoladas associadas com processos quase idênticos.	500
2			100
1	Improvável	Não há falhas associadas com processos quase idênticos.	< 10

Tabela 55: Classificação do nível de Detecção (D) segundo [32].

Valor	Detecção	Probabilidade de ocorrência	Escape [ppm]
1	Quase certa	O processo de controlo atual quase de certeza deteta o modo de falha.	> 100000
2	Muito alta	Probabilidade muito alta do processo de controlo atual detetar o modo de falha.	50000
3	Alta	Probabilidade alta do processo de controlo atual detetar o modo de falha.	20000
4	Moderadamente elevada	Probabilidade moderadamente elevada do processo de controlo atual detetar o modo de falha.	10000
5	Moderada	Probabilidade moderada do processo de controlo atual detetar o modo de falha.	5000
6	Baixa	Probabilidade baixa do processo de controlo atual detetar o modo de falha.	2000
7	Muito baixa	Probabilidade muito baixa do processo de controlo atual detetar o modo de falha.	1000
8	Remota	Probabilidade remota do processo de controlo atual detetar o modo de falha.	500
9	Muito remota	Probabilidade muito remota do processo de controlo atual detetar o modo de falha.	100
10	Quase impossível	Probabilidade quase impossível do processo de controlo atual detetar o modo de falha.	< 10

Página intencionalmente em branco

ANEXO Q: Relatórios produzidos pelo KISSsoft® para o trem 1 (rodas Z1 e Z2) e para o veio intermédio

Página intencionalmente em branco

Nome : trem 1 - z1z2 (sol.5)

Modificado por: up201405960

Data: 23.05.2019

Hora: 12:02:27

Nota importante: Surgiram avisos durante o cálculo:

1-> Cálculo de gripagem (scuffing):

Os parâmetros da engrenagem introduzidos estão fora das condições de compatibilidade do método de cálculo!

A aplicação da norma ISO/TS 6336-21 está sujeita às seguintes limitações:

wBt (=118.2 N/mm) >= 150.0 N/mm

CÁLCULO DE UM PAR DE ENGRENAGENS CILÍNDRICAS DE DENTES RETOS

Número no desenho ou artigo:

Engrenagem 1: 0.000.0

Engrenagem 2: 0.000.0

Método de cálculo ISO 6336:2006 Método B

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Potência (kW)	[P]	11.000	
Velocidade (1/min)	[n]	2935.0	885.2
Torque (Nm)	[T]	35.8	118.7
Fator de aplicação	[KA]	1.35	
Vida útil exigida (h)	[H]	20000.00	
Engrenagem em acionamento (+)/acionada (-)		+	-
Flanco de trabalho da engrenagem 1: Flanco direito			
Sentido de rotação engrenagem 1 no sentido horário			

1. GEOMETRIA E MATERIAL DOS DENTES

(Cálculo da geometria em conformidade com ISO 21771:2007, DIN ISO 21771)

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Distância entre eixos (mm)	[a]	123.000	
Tolerância de distância entre eixos	ISO 286:2010 Desvio js7		
Módulo normal (mm)	[mn]	3.0000	
Ângulo de pressão na seção normal (°)	[alfn]	20.0000	
ângulo de hélice no círculo de referência (°)	[beta]	0.0000	
Número de dentes	[z]	19	63
Largura de dente (mm)	[b]	24.00	26.00
Sentido de inclinação		Dentado direito	
Qualidade de engrenagem	[Q-ISO 1328:1995]	6	6
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.00	0.00
Diâmetro interno do aro (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Material
Engrenagem 1: (Eigene Eingabe) 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos
Engrenagem 2: (Eigene Eingabe) 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flank & root hardened

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Dureza superficial		HRC 56	HRC 56
Tratamento do material em conformidade com a norma ISO 6336:2006 Normal (fatores de fadiga a baixo número de ciclos ZNT e YNT >= 0,85)			
Resist. fadiga Tensão no pé do dente (N/mm ²)	[σF _{lim}]	369.00	369.00
Resistência fad. Pressão hertziana (N/mm ²)	[σH _{lim}]	1214.71	1214.71
Resistência à ruptura (N/mm ²)	[σB]	900.00	750.00
Limite de elasticidade (N/mm ²)	[σS]	650.00	500.00
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	[E]	200000	200000
Número de Poisson	[ν]	0.300	0.300
Valor de rugosidade médio Ra, flanco (μm)	[RAH]	0.60	0.60
Valor de rugosidade médio Ra, pé (μm)	[RAF]	3.00	3.00
Profundidade da rugosidade Rz determinada, flanco (μm)	[RZH]	4.80	4.80
Profundidade da rugosidade Rz determinada, pé (μm)	[RZF]	20.00	20.00

Perfil de referência da engrenagem

1 :

Perfil de referência 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A

Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250
Fator do raio do pé	[rhoP*]	0.380 (rhoPmax*= 0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000
Coefficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000

não sobreposto

Perfil de referência da engrenagem

2 :

Perfil de referência 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A

Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250
Fator do raio do pé	[rhoP*]	0.380 (rhoPmax*= 0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000
Coefficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000

não sobreposto

Resumo perfil de referência das engrenagens:

Perfil de referência da altura do pé	[hfP*]	1.250	1.250
Raio do pé, perfil de referência	[rofP*]	0.380	0.380
Altura da cabeça perfil de referência	[haP*]	1.000	1.000
Coefficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	0.000
Ângulo da protuberância (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	0.000
Ângulo de flanco de chanfro (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Tipo de correção de perfil: para transmissão de alta capaci

Recuo da cabeça (µm) [Ca] 5.0 5.0

Tipo de lubrificação Lubrificação por imersão em óleo

Tipos de óleo Óleo: Mobilgear 600 XP 320

Base de lubrificante Base de óleo mineral

Óleo de base a 40 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu40] 320.00

Óleo de base a 100 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu100] 24.10

Espessura esp. a 15 graus (kg/dm³)

[roOil] 0.900

Temperatura de óleo (°C)

[TS] 80.000

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Transmissão total [itot] -3.316

Relação do número de dentes [u] 3.316

Módulo transversal (mm) [mt] 3.000

Ângulo de pressão no círculo de referência (°) [alfi] 20.000

Ângulo de pressão Ângulo de pressão de operação (°)

[alfwt] 20.000

[alfwt.e/i] 20.026 / 19.974

Ângulo de pressão Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)

[alfwn] 20.000

ângulo de hélice no círculo rolante (°) [betaw] 0.000

Ângulo oblíquo de base (°) [betab] 0.000

Distância nominal entre centros (mm) [ad] 123.000

Soma de fatores de correção do perfil [Summexi] 0.0000

Fator de deslocamento de perfil [x] 0.3437 -0.3437

Espessura de dente (Arc) (módulo) (módulo) [sn*] 1.8210 1.3206

Alteração da altura da cabeça (mm) [k*mn] 0.000 0.000

Diâmetro de círculo de referência (mm) [d] 57.000 189.000

Diâmetro de base (mm) [db] 53.562 177.602

Diâmetro do círculo da cabeça (mm) [da] 65.062 192.938

(mm) [da.e/i] 65.062 / 65.052 192.938 / 192.928

Desvios limite do círculo da cabeça (mm) [Ada.e/i] 0.000 / -0.010 0.000 / -0.010

Diâmetro da cabeça (mm) [dFa] 65.062 192.938

(mm) [dFa.e/i] 65.062 / 65.052 192.938 / 192.928

Diâmetro de círculo da cabeça (mm) [dNa] 65.062 192.938

Diâmetro de círculo da cabeça (mm) [dNa.e/i] 65.062 / 65.052 192.938 / 192.928

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm) [dw] 57.000 189.000

(mm) [dw.e/i] 57.009 / 56.991 189.031 / 188.969

Diâmetro do círculo do pé (mm) [df] 51.562 179.438

Fator de correção do dentado de geração [xE.e/i] 0.3117 / 0.2933 -0.3872 / -0.4101

Círculo do pé gerado com xE (mm) [df.e/i] 51.370 / 51.260 179.177 / 179.039

Folga da cabeça teórica (mm) [c] 0.750 0.750

Folga da cabeça efetiva (mm) [c.e/i] 0.974 / 0.861 0.926 / 0.826

Diâmetro do círculo útil do pé (mm) [dNf] 54.273 183.768

(mm) [dNf.e/i] 54.296 / 54.254 183.802 / 183.738

Diâmetro do círculo do perfil do pé (mm) [dFf] 54.154 182.289

(mm) [dFf.e/i] 54.074 / 54.031 182.118 / 182.030

Reserve (dNf-dFf)/2 (mm) [cF.e/i] 0.133 / 0.090 0.886 / 0.810

Altura da cabeça (mm) [ha=mn*(haP*+x+k)] 4.031 1.969

(mm) [ha.e/i] 4.031 / 4.026 1.969 / 1.964

Altura do pé (mm) [hf=mn*(hfP*-x)] 2.719 4.781

(mm) [hf.e/i] 2.815 / 2.870 4.912 / 4.980

Ângulo de geração rel. dFa (°) [xsi_dFa.e/i] 39.509 / 39.490 24.319 / 24.311

Ângulo de geração rel. dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	39.509 /	39.490	24.319 /	24.311
Ângulo de geração rel. dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	9.517 /	9.239	15.271 /	15.190
Ângulo de geração rel. dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	7.938 /	7.594	13.003 /	12.874
Altura do dente (mm)	[h]	6.750		6.750	
Número de dentes de substituição	[zn]	19.000		63.000	
Espessura de dente normal no círculo de cabeça (mm)	[san]	1.618		2.474	
(mm)	[san.e/i]	1.545 /	1.493	2.381 /	2.326
Espessura de dente normal no círculo da forma da cabeça (mm)	[sFan]	1.618		2.474	
(mm)	[sFan.e/i]	1.545 /	1.493	2.381 /	2.326
Largura do espaço normal no círculo do pé (mm)	[efn]	0.000		2.689	
(mm)	[efn.e/i]	0.000 /	0.000	2.739 /	2.766
Velocidade de deslizamento máx. na cabeça (m/s)	[vga]	3.488		2.148	
Deslizamento específico na cabeça	[zetaa]	0.615		0.615	
Deslizamento específico no pé	[zetaf]	-1.597		-1.595	
Deslizamento específico médio	[zetam]	0.615			
Fator de deslize na cabeça	[Kga]	0.398		0.245	
Fator de deslize no pé	[Kgf]	-0.245		-0.398	
Divisão de círculo de referência (mm)	[pt]	9.425			
Divisão de círculo de base (mm)	[pbt]	8.856			
Divisão de pressão transversal (mm)	[pet]	8.856			
Comprimento da longitude de engrenagem (mm)	[ga, e/i]	14.090 (	14.149 /	14.010)	
Comprimento T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	4.377(	4.319/	4.448)	37.691(37.691/ 37.678)
Comprimento T1-B (mm)	[T1B, T2B]	9.611(	9.611/	9.602)	32.458(32.399/ 32.525)
Comprimento T1-C (mm)	[T1C, T2C]	9.748(	9.734/	9.761)	32.321(32.276/ 32.366)
Comprimento T1-D (mm)	[T1D, T2D]	13.234(	13.175/	13.305)	28.835(28.835/ 28.822)
Comprimento T1-E (mm)	[T1E, T2E]	18.467(	18.467/	18.458)	23.601(23.543/ 23.668)
Comprimento T1-T2 (mm)	[T1T2]	42.068 (	42.010 /	42.127)	
Diâmetro do ponto de engrenagem individual B (mm)	[d-B]	56.907(	56.907/	56.901)	189.094(189.054/ 189.140)
Diâmetro do ponto de engrenagem individual D (mm)	[d-D]	59.745(	59.693/	59.808)	186.730(186.730/ 186.722)
Cobertura de cabeça	[eps]	0.985(	0.986/	0.982)	0.606(0.611/ 0.600)
Comprimento mínimo da linha de contato (mm)	[Lmin]	24.000			
Cobertura de perfil	[eps_a]	1.591			
Cobertura de perfil com desvios limite	[eps_a.e/m/i]	1.598 /	1.590 /	1.582	
Coefficiente de cobertura	[eps_b]	0.000			
Cobertura total	[eps_g]	1.591			
Cobertura total com desvios limite	[eps_g.e/m/i]	1.598 /	1.590 /	1.582	

2. FATORES DE INFLUÊNCIA GERAIS

	----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Força tangencial nominal no círculo de referência (N)	[Ft]	1255.8
Força axial (N)	[Fa]	0.0
Força radial (N)	[Fr]	457.1
Força normal (N)	[Fnorm]	1336.4
Força tangencial nominal por mm (N/mm)	[w]	52.32
Apenas para fins informativos: Forças no círculo rolante:		
Força tangencial nominal (N)	[Ftw]	1255.8
Força axial (N)	[Faw]	0.0
Força radial (N)	[Frw]	457.1
Velocidade tangencial círculo de referência (m/s)	[v]	8.76
Velocidade tangencial círculo primitivo de funcionamento (m/s)	[v(dw)]	8.76

Valor de entrada (μm)	[yp]	0.6	
Valor de entrada (μm)	[yf]	0.7	
Fator de correção	[CM]	0.800	
Fator do corpo da engrenagem	[CR]	1.000	
Fator de perfil de referência	[CBS]	0.975	
Fator de material	[E/Est]	0.971	
Rigidez da mola individual (N/mm/ μm)	[c']	11.961	
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/ μm)	[cgalf]	17.263	
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/ μm)	[cgbet]	14.673	
Massa reduzida (kg/mm)	[mRed]	0.01121	
Velocidade de ressonância (min-1)	[nE1]	19726	
Velocidade de referência (-)	[N]	0.149	
Setor subcrítico			
Valor de entrada (μm)	[ya]	0.6	
Distância entre mancais I do eixo do pinhão (mm)	[l]	48.000	
Distância s do eixo do pinhão (mm)	[s]	4.800	
Diâmetro externo do eixo do pinhão (mm)	[dsh]	24.000	
Carga segundo Fig. 13, ISO 6336-1:2006 [-]	4		
0:a), 1:b), 2:c), 3:d), 4:e)			
Fator K' em conformidade com a Fig 13, ISO 6336-1:2006	[K']	-1.00	
Sem efeito de apoio			
Desvio da linha de flancos, efetivo (μm)	[Fby]	4.82	
de deformação dos eixos (μm)	[fsh*B1]	0.63	
(fsh (μm) = 0.63, B1= 1.00, fHb5 (μm) = 6.50)			
Dente sem correção das linhas de flancos			
Posição da marca de contato do dente: favorável			
de tolerâncias de fabricação (μm)	[fma*B2]	12.38	
(B2= 1.00)			
Desvio da linha de flancos, teórico (μm)	[Fbx]	5.67	
Valor de entrada (μm)	[yb]	0.85	
Fator dinâmico	[KV]	1.173	
Fatores de largura - Flanco	[KHb]	1.426	
- Pé do dente	[KFb]	1.296	
- Raspagem (scuffing)	[KBb]	1.426	
Fatores frontais - Flanco	[KH _a]	1.000	
- Pé do dente	[KF _a]	1.000	
- Raspagem (scuffing)	[KB _a]	1.000	
Fator de inclinação Raspagem (scuffing)	[Kbg]	1.000	
Número de ciclos de carga (em milhões)	[NL]	3522.000	1062.190

3. CAPACIDADE DE CARGA DO PÉ DO DENTE

Cálculo de fatores de perfil do dente segundo o método: B

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Cálculo com deslocamento de perfil	[x]	0.3437	-0.3437
Fator do perfil do dente	[YF]	1.23	1.58
Fator de correção de tensão	[YS]	2.17	1.81
Ângulo de aplicação de força (°)	[alfFen]	21.97	18.89
Braço da alavanca de flexão (mm)	[hF]	2.80	3.52
Espessura do pé do dente (mm)	[sFn]	6.36	6.35

Raio do pé do dente (mm) [roF] 1.39 1.77
($hF^* = 0.932 / 1.173$ $sFn^* = 2.120 / 2.116$ $roF^* = 0.464 / 0.590$)
(den (mm) =
 $59.745 / 189.094$ $dsFn(mm) = 52.551 / 180.779$ $alfsFn(^{\circ}) = 30.00 / 30.00$ $qs = 2.284 / 1.793$)

Fator helicoidal	[Ybet]	1.000	
Fator de grande engrenagem	[YDT]	1.000	
Fator de coroa dentada	[YB]	1.00	1.00
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	24.00	26.00
Tensão nominal do pé do dente (N/mm ²)	[sigF0]	46.45	46.26
Tensão no pé do dente (N/mm ²)	[sigF]	95.35	94.96
Tensão de pé do dente admissível de engrenagem de verificação			
Sensibilidade ao entalhe	[YdreIT]	0.998	0.993
Fator de superfície	[YRreIT]	0.957	0.957
Fator dimensional (pé do dente)	[YX]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[YNT]	0.868	0.889
	[YdreIT*YRreIT*YX*YNT]	0.829	0.845
Coeficiente de flexão alternada (fator de tensão média)	[YM]	1.000	1.000
Fator de correção de tensão	[Yst]	2.00	
Yst*sigFlim (N/mm ²)	[sigFE]	738.00	738.00
Tensão de pé do dente admissível (N/mm ²)	[sigFP=sigFG/SFmin]	436.84	445.19
Resistência-limite de pé do dente (N/mm ²)	[sigFG]	611.57	623.27
Segurança nominal	[SFmin]	1.40	1.40
Fator de segurança para tensão do pé do dente	[SF=sigFG/sigF]	6.41	6.56
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	50.40	51.57

4. SEGURANÇA DOS FLANCOS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Fator de zona	[ZH]	2.495	
Fator de elasticidade ($\sqrt{N/mm^2}$)	[ZE]	187.027	
Fator de relação de contato	[Zeps]	0.896	
Fator helicoidal	[Zbet]	1.000	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	24.00	
Pressão de flancos nominal (N/mm ²)	[sigH0]	457.00	
Compressão de flancos no círculo rolante (N/mm ²)	[sigHw]	686.82	
Fator de engrenagem individual	[ZB,ZD]	1.00	1.00
Compressão de flancos (N/mm ²)	[sigHB, sigHD]	690.23	686.82
Fator de lubrificante (com NL)	[ZL]	1.047	1.047
Fator de velocidade (com NL)	[ZV]	0.996	0.996
Fator de rugosidade (com NL)	[ZR]	0.956	0.956
Fator de combinação de material (com NL)	[ZW]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[ZNT]	0.878	0.911
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.875	0.908
Um pitting linitado permitido:	não		
Fator dimensional (flanco)	[ZX]	1.000	1.000
Pressão de flancos admissível (N/mm ²)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1063.25	1103.07
Resistência-limite a corrosão (N/mm ²)	[sigHG]	1063.25	1103.07
Segurança nominal	[SHmin]	1.00	1.00
Segurança para pressão de flancos círculo rolante	[SHw]	1.55	1.61
Segurança para pressão engrenagem individual	[SHBD=sigHG/sigHBD]	1.54	1.61

(Segurança relativamente ao torque transmissível)

	[(SHBD)^2]	2.37	2.58
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	26.10	28.37

4b. MICROPITTING SEGUNDO ISO/TR 15144-1:2014

Cálculo da espessura específica admissível para a película

Lubrificante nível de força em conformidade com a norma FVA, publicação 54/7

10 (Óleo: Mobilgear 600 XP 320)

Dados de referência Teste FZG-C:

Torque (Nm)	[T1Ref]	265.1
Carga linear no ponto de contato A (N/mm)	[FbbRef,A]	236.3
Temperatura de óleo (°C)	[theOilRef]	90.0
Temperatura de massa (°C)	[theMRef]	127.3
Temperatura de contato (°C)	[theBRef,A]	249.7
Espessura da folga de lubrificação (μm)	[hRef,A]	0.061
Espessura da película específica no teste (μm)	[lamGFT]	0.122
Fator de material	[WW]	0.65
Espessura da película específica admissível (μm)	[lamGFP]	0.111

Resultado intermediário em conformidade com ISO/TR 15144:2014

Coefficiente de atrito	[mym]	0.054
Fator de lubrificante	[XL]	1.000
Fator de rugosidade	[XR]	1.170
Temperatura de massa (°C)	[theM]	81.9
Fator de Recuo da cabeça	[XCα (A)]	1.925
Fator de dissipação	[HV]	0.161
Módulo de elasticidade de substituição (N/mm²)	[Er]	219780
Coefficiente pressão viscosidade (m²/N)	[alf38]	0.02279
Viscosidade dinâmica (Ns/m²)	[etatM]	37.3
Valor de rugosidade médio (μm)	[Ra]	0.6

Cálculo das velocidades, distribuição de carga e curvatura de flancos segundo método B, em conformidade com ISO/TR 15144-1:2014

Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)

1 1

Cálculo no ponto (0:A, 1:AB, 2:B, 3:C, 4:D, 5:DE, 6:E, -1:No Point)

1

Diâmetro (mm)	[dy]	55.359	190.954
Raio de curvatura de substituição (mm)	[pred]	5.831	
Fator de aplicação da força	[XY]	0.500	
Compressão de flancos (N/mm²)	[pH]	408.663	
Compressão de flancos (N/mm²)	[pdyn]	614.178	
Espessura da película específica mínima (μm)	[lamGFY]	0.639	(hY=0.383 μm)
Segurança contra micropitting	[Slam(B)]	5.770	
(Resultados intermédios, ver arquivo: Micropitting_12.tmp)			

5. RESISTÊNCIA À RASPAGEM (SCUFFING)

Método de cálculo em conformidade com ISO TR 13989:2000

Fator de lubrificação (para tipo de lubrificação)

	[XS]	1.000	
Teste de gripagem e nível de carga	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1)	12
Fator de engrenagem múltipla	[Xmp]	1.000	
Coefficiente relativo de estrutura (gripagem)	[XWrelT]	1.000	
Coefficiente de contato térm. (N/mm/s^0.5/K)	[BM]	13.087	13.087
Recuo da cabeça determinante (μm)	[Ca]	5.00	5.00
Recuo ótimo da cabeça (μm)	[CeFF]	5.91	

Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)	1	1
Largura de dente determinante (mm) [beff]		24.000
Força tangencial/largura de dente determinantes (N/mm) [wBt]		118.184
Kbg = 1.000, wBt*Kbg = 118.184		
Fator de ângulo [Xalfbet]		0.978
(ε1:0.985, ε2:0.606)		
Critério de temperatura de flash		
Fator de lubrificante [XL]		0.832
Temperatura de massa (°C) [theMi]		83.51
(theMi = theoil + XS*0.47*Xmp*theflm)		
temperatura instantânea média (°C) [theflm]		7.48
Temperatura de raspagem (scuffing) (°C) [theS]		349.43
Coordenada Gamma (local da temp. máxima) [Gamma]		0.500
[Gamma.A]=-0.551 [Gamma.E]= 0.895		
Temp. máxima contato. (°C) [theB]		97.60
Fator de flash (°K*N ^{0.75} *s ^{0.5} *m ^{0.5}) [XM]		52.319
Fator de início de engrenagem [XJ]		1.000
Fator de aplicação da força [XGam]		0.734
Viscosidade dinâmica (mPa*s) [etaM]		40.01 (80.0 °C)
Coefficiente de atrito [mym]		0.047
Segurança nominal [SBmin]		2.000
Coefficiente de segurança para gripagem (scuffing) (temperatura instantânea) [SB]		15.310
Critério de temperatura integral		
Fator de lubrificante [XL]		1.000
Temperatura de massa (°C) [theMC]		82.84
(theMC = theoil + XS*0.70*theflaint)		
temperatura instantânea em media (°C) [theflaint]		4.06
Temperatura integral de raspagem (scuffing) (°C) [theSint]		359.60
Fator de flash (°K*N ^{0.75} *s ^{0.5} *m ^{0.5}) [XM]		52.319
Fator de entrada (totalmente introduzido) [XE]		1.000
Fator de relação de contato [Xeps]		0.239
Viscosidade dinâmica (mPa*s) [etaOil]		40.01 (80.0 °C)
Coefficiente de atrito determinado [mym]		0.053
Fator de geometria [XBE]		0.378
Fator de engrenagem [XQ]		1.000
Fator de Recuo da cabeça [XCa]		1.925
Temperatura de flancos integral (°C) [theint]		88.93
Segurança nominal [SSmin]		1.800
Fator de segurança para raspagem (scuffing) (T. inter.) [SSint]		4.044
Seg. p. torque de transmissão (Int.-T.) [SSL]		31.317

6. MEDIDA DE ENSAIO PARA A ESPESSURA DO DENTE

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
		DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25
Tolerância de espessura de dente		-0.070 / -0.110	-0.095 / -0.145
Desvio da espessura de dente na seção normal (mm) [As.e/i]			
Número de dentes de medida [k]		3.000	7.000
Medida entre dentes sem folgas (mm) [Wk]		23.645	59.508
Medida entre dentes efetiva (mm) [Wk.e/i]		23.579 / 23.541	59.419 / 59.372
(mm) [ΔWk.e/i]		-0.066 / -0.103	-0.089 / -0.136
Diâmetro do circuito de medição (mm) [dMWk.m]		58.515	187.271

Diâmetro de elemento de medição teor. (mm)	[DM]	5.727	4.982
Diâmetro efet. de elemento de medição (mm)	[DMeff]	6.000	5.000
Medida radial de uma esfera sem folgas (mm)	[MrK]	34.119	96.803
Medida radial de uma esfera (mm)	[MrK.e/i]	34.054 / 34.017	96.670 / 96.599
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMMr.m]	59.266	186.669
Medida diametral de duas esferas, sem folga (mm)	[MdK]	68.025	193.548
Medida diametral de duas esferas (mm)	[MdK.e/i]	67.896 / 67.822	193.281 / 193.140
Medida diametral de um cilindro, sem folga (mm)	[MdR]	68.025	193.548
Medida sobre rolos em conformidade com DIN 3960 (mm)	[MdR.e/i]	67.896 / 67.822	193.281 / 193.140
Measurement over 3 pins (axial) according to AGMA 2002 (mm)	[dk3A.e/i]	67.896 / 67.822	193.281 / 193.140
Medida de três cilindros sem folgas (mm)	[Md3R]	67.813	193.489
Medida de três cilindros efetiva (mm)	[Md3R.e/i]	67.685 / 67.611	193.223 / 193.081
Espessura cordal do dente sem folgas (mm)	[sc]	5.455	3.961
Espessura cordal do dente efetiva (mm)	[sc.e/i]	5.385 / 5.345	3.866 / 3.816
Altura acima da corda a partir de da.m (mm)	[ha]	4.160	1.987
Espessura de dente (Arc) (mm)	[sn]	5.463	3.962
(mm)	[sn.e/i]	5.393 / 5.353	3.867 / 3.817
Distância entre eixos sem folga (mm)	[aControl.e/i]	122.772	/122.646
Distância entre eixos sem folga, desvios limite (mm)	[jta]	-0.228 /	-0.354
dNf.i com aControl (mm)	[dNf0.i]	53.975	183.241
Reserva (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	-0.050	0.561
Folga da cabeça (mm)	[c0.i(aControl)]	0.526	0.492
Desvio limite da distância entre eixos (mm)	[Aa.e/i]	0.020 /	-0.020
Folga na circunferência primitiva de Aa (mm)	[jtw_Aa.e/i]	0.015 /	-0.015
Folga radial (mm)	[jrw]	0.374 /	0.208
Folga na circunferência primitiva (seção transversal) (mm)	[jtw]	0.270 /	0.150
Folga de engrenamento normal (mm)	[jrw]	0.253 /	0.141
Ângulo de torção na entrada com saída imobilizada:			
Ângulo de torção total (°)	[j.tSys]	0.5419/0.3024	

7. TOLERÂNCIAS DO DENTADO

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Em conformidade com

ISO 1328-1:1995, ISO 1328-2:1997

Qualidade de engrenagem	[Q]	6	6
Desvio individual do passo (µm)	[fptT]	8.50	9.00
Desvio da divisão de círculo de base (µm)	[fpbT]	8.00	8.50
Desvio de passo por setor através de k/8 (µm)	[Fpk/8T]	12.00	18.00
Erro de forma de perfil (µm)	[ffaT]	8.50	9.50
Variação de ângulo de perfil (µm)	[fHaT]	7.00	8.00
Erro total de perfil (µm)	[FaT]	11.00	13.00
Desvio de perfil da linha de flancos (µm)	[ffbT]	8.50	9.00
Desvio de ângulo de linha de flancos (µm)	[fHbT]	8.50	9.00
Desvio total da linha de flancos (µm)	[FbT]	12.00	13.00
Desvio total do passo (µm)	[FpT]	27.00	35.00
Desvio da concentricidade (µm)	[FrT]	21.00	28.00
Divergência de engrenamento sobre um único flanco (µm)	[FisT]	45.00	55.00
Salto de engrenamento sobre um flanco (µm)	[fisT]	18.00	20.00
Erro composto radial (µm)	[FidT]	36.00	43.00

Salto de engrenamento sobre dois flancos (μm) [fidT] 14.00 15.00

Tolerâncias aplicáveis à posição do eixo (recomendação em conformidade com a norma ISO TR 10064-3:1996, qualidade 6)

Valor máximo para desvio do eixo (μm) [fSigbet] 13.00 ($F_b = 13.00$)

Valor máximo para inclinação do eixo (μm) [fSigdel] 26.00

8. DADOS COMPLEMENTARES

Distância entre eixos máxima admissível ($\epsilon_s = 1,0$)

Massas (kg) [aMAX] 124.887
Massa total (kg) [m] 0.502 5.543

Momento de inércia (sistema relativo à entrada):
Cálculo sem ter em conta o perfil exato do dente

Engrenagens individualmente $((d_a + d_f)/2 \dots d_i)$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) [TraeghMom] 0.0002133 0.02402

System $((d_a + d_f)/2 \dots d_i)$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) [TraeghMom] 0.002398

Rigidez circunferencial na entrada com saída imobilizada:

Rigidez circunferencial (MNm/rad) [cr] 0.253

Torção sob torque nominal ($^\circ$) [delcr] 0.008

Coefficiente de atrito médio (segundo Niemann) [mum] 0.062

Deslizamento de desgaste segundo Niemann [zetw] 0.978

Dissipação de potência do dente devido a carga (kW) [PVZ] 0.109

(grau de eficiência dos dentes (%)) [etaz] 99.011

Nível de pressão acústica (em conformidade com Masuda) [dB(A)] 67.6

9. CORRECÇÕES E CONFIRMAÇÃO DA FORMA DO PERFIL DO DENTE

Correcções de linhas de flancos e perfil para engrenagem

1

Simetricamente (ambos os flancos)

- Recuo da cabeça, linear Caa = 5.000 μm LCa = 0.872 \cdot mn dCa = 62.241mm

Correcções de linhas de flancos e perfil para engrenagem

2

Simetricamente (ambos os flancos)

- Recuo da cabeça, linear Caa = 5.000 μm LCa = 0.872 \cdot mn dCa = 190.954mm

Controle do recuo da cabeça

Diâmetro (mm) [dcheck] 64.992 192.868

Recuo da cabeça esquerdo/direito (μm) [Ca L/R] 4.9 / 4.9 4.8 / 4.8

Dados para cálculo do perfil do dente:

Dados inexistentes.

10. VIDA ÚTIL, DANO

Segurança nominal pé do dente [SFmin] 1.40

Segurança nominal flanco do dente [SHmin] 1.00

Vida útil (calculada com seguranças nominais):

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] > 1000000

Tempo de vida útil do pé do dente (h) [HFatt] 1e+006 1e+006

Tempo de vida útil do flanco do dente (h) [HHatt] 1e+006 1e+006

Indicação: A indicação 1e+006 h significa que a vida útil é > 1.000.000 h.

Dano calculado com base na vida útil nominal [H] (20000.0 h)

F1%	F2%	H1%	H2%
0.00	0.00	0.00	0.00

Cálculo dos fatores para a confirmação da confiabilidade R(t) em conformidade com B.Bertsche, com distribuição Weibull:

$R(t) = 100 * \exp(-((t^{*}fac - t_0)/(T - t_0))^b) \%$; t (h)

Engrenagem		fac	b	t0	T	R(H)%
1	Pé do dente	176100	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
1	Flanco do dente	176100	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00
2	Pé do dente	53110	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
2	Flanco do dente	53110	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00

Confiabilidade da configuração com vida útil nominal (%) 100.00 (Bertsche)

OBSERVAÇÕES:

- Indicações com [e/i] significam: Valor máximo [e] e mínimo [i] perante Tomada em conta de todas as tolerâncias
Indicações com [m] significam: Valor médio na tolerância
- Em existindo folga de engrenamento, são tidas em conta as tolerâncias de distâncias entre eixos e os desvios limite para a espessura do dente
. São indicadas as folgas máxima e mínima, em conformidade com os maiores e menores desvios limite.
O cálculo é realizado para o círculo rolante.
- Detalhes sobre método de cálculo:
cg segundo o método B
KV segundo o método B
KHb, KFb segundo o método C
fma segundo a equação (64), Fbx segundo (57/58), Fbx segundo (52/53/54)
KHa, KFa em conformidade com o método B
- Nos fatores ZL, ZV, ZR, ZW, ZX, YdreIT, YRreIT e YX, é indicado o valor logaritmicamente interpolado tomado pelos valores da resistência à fadiga e da resistência estática com base no número de ciclos de carga.

Fim do Relatório

linhas: 596

Nome : trem 1 - z1z2 (sol.5) anti

Modificado por: up201405960

Data: 23.05.2019

Hora: 12:03:12

Nota importante: Surgiram avisos durante o cálculo:

1-> Cálculo de gripagem (scuffing):

Os parâmetros da engrenagem introduzidos estão fora das condições de compatibilidade do método de cálculo!

A aplicação da norma ISO/TS 6336-21 está sujeita às seguintes limitações:

wBt (=118.2 N/mm) >= 150.0 N/mm

CÁLCULO DE UM PAR DE ENGRENAGENS CILÍNDRICAS DE DENTES RETOS

Número no desenho ou artigo:

Engrenagem 1: 0.000.0

Engrenagem 2: 0.000.0

Método de cálculo ISO 6336:2006 Método B

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Potência (kW)	[P]	11.000	
Velocidade (1/min)	[n]	2935.0	885.2
Torque (Nm)	[T]	35.8	118.7
Fator de aplicação	[KA]	1.35	
Vida útil exigida (h)	[H]	20000.00	
Engrenagem em acionamento (+)/acionada (-)		+	-
Flanco de trabalho da engrenagem 1: Flanco esquerdo			
Sentido de rotação engrenagem 1 no sentido anti-horário			

1. GEOMETRIA E MATERIAL DOS DENTES

(Cálculo da geometria em conformidade com ISO 21771:2007, DIN ISO 21771)

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Distância entre eixos (mm)	[a]	123.000	
Tolerância de distância entre eixos	ISO 286:2010 Desvio js7		
Módulo normal (mm)	[mn]	3.0000	
Ângulo de pressão na seção normal (°)	[alfn]	20.0000	
ângulo de hélice no círculo de referência (°)	[beta]	0.0000	
Número de dentes	[z]	19	63
Largura de dente (mm)	[b]	24.00	26.00
Sentido de inclinação		Dentado direito	
Qualidade de engrenagem	[Q-ISO 1328:1995]	6	6
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.00	0.00
Diâmetro interno do aro (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Material
Engrenagem 1: (Eigene Eingabe) 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos
Engrenagem 2: (Eigene Eingabe) 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flank & root hardened

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Dureza superficial		HRC 56	HRC 56
Tratamento do material em conformidade com a norma ISO 6336:2006 Normal (fatores de fadiga a baixo número de ciclos ZNT e YNT >= 0,85)			
Resist. fadiga Tensão no pé do dente (N/mm ²)	[σFlim]	369.00	369.00
Resistência fad. Pressão hertziana (N/mm ²)	[σHlim]	1214.71	1214.71
Resistência à ruptura (N/mm ²)	[σB]	900.00	750.00
Limite de elasticidade (N/mm ²)	[σS]	650.00	500.00
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	[E]	200000	200000
Número de Poisson	[ν]	0.300	0.300
Valor de rugosidade médio Ra, flanco (μm)	[RAH]	0.60	0.60
Valor de rugosidade médio Ra, pé (μm)	[RAF]	3.00	3.00
Profundidade da rugosidade Rz determinada, flanco (μm)	[RZH]	4.80	4.80
Profundidade da rugosidade Rz determinada, pé (μm)	[RZF]	20.00	20.00

Perfil de referência da engrenagem

1 :

Perfil de referência 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A

Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380 (rhofPmax*= 0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000
Coefficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000

não sobreposto

Perfil de referência da engrenagem

2 :

Perfil de referência 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A

Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380 (rhofPmax*= 0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000
Coefficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000

não sobreposto

Resumo perfil de referência das engrenagens:

Perfil de referência da altura do pé	[hfP*]	1.250	1.250
Raio do pé, perfil de referência	[rofP*]	0.380	0.380
Altura da cabeça perfil de referência	[haP*]	1.000	1.000
Coefficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	0.000
Ângulo da protuberância (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	0.000
Ângulo de flanco de chanfro (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Tipo de correção de perfil: para transmissão de alta capaci

Reco da cabeça (µm) [Ca] 5.0 5.0

Tipo de lubrificação

Lubrificação por imersão em óleo

Tipos de óleo

Óleo: Mobilgear 600 XP 320

Base de lubrificante

Base de óleo mineral

Óleo de base a 40 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu40] 320.00

Óleo de base a 100 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu100] 24.10

Espessura esp. a 15 graus (kg/dm³)

[roOil] 0.900

Temperatura de óleo (°C)

[TS] 80.000

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Transmissão total

[itot] -3.316

Relação do número de dentes

[u] 3.316

Módulo transversal (mm)

[mt] 3.000

Ângulo de pressão no círculo de referência (°)

[alfi] 20.000

Ângulo de pressão Ângulo de pressão de operação (°)

[alfwt] 20.000

[alfwt.e/i] 20.026 / 19.974

Ângulo de pressão Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)

[alfwn] 20.000

ângulo de hélice no círculo rolante (°)

[betaw] 0.000

Ângulo oblíquo de base (°)

[betab] 0.000

Distância nominal entre centros (mm)

[ad] 123.000

Soma de fatores de correção do perfil

[Summexi] 0.0000

Fator de deslocamento de perfil

[x] 0.3437 -0.3437

Espessura de dente (Arc) (módulo) (módulo)

[sn*] 1.8210 1.3206

Alteração da altura da cabeça (mm)

[k*mn] 0.000 0.000

Diâmetro de círculo de referência (mm)

[d] 57.000 189.000

Diâmetro de base (mm)

[db] 53.562 177.602

Diâmetro do círculo da cabeça (mm)

[da] 65.062 192.938

(mm)

[da.e/i] 65.062 / 65.052 192.938 / 192.928

Desvios limite do círculo da cabeça (mm)

[Ada.e/i] 0.000 / -0.010 0.000 / -0.010

Diâmetro da cabeça (mm)

[dFa] 65.062 192.938

(mm)

[dFa.e/i] 65.062 / 65.052 192.938 / 192.928

Diâmetro de círculo da cabeça (mm)

[dNa] 65.062 192.938

Diâmetro de círculo da cabeça (mm)

[dNa.e/i] 65.062 / 65.052 192.938 / 192.928

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

[dw] 57.000 189.000

(mm)

[dw.e/i] 57.009 / 56.991 189.031 / 188.969

Diâmetro do círculo do pé (mm)

[df] 51.562 179.438

Fator de correção do dentado de geração

[xE.e/i] 0.3117 / 0.2933

-0.3872 / -0.4101

Círculo do pé gerado com xE (mm)

[df.e/i] 51.370 / 51.260

179.177 / 179.039

Folga da cabeça teórica (mm)

[c] 0.750 0.750

Folga da cabeça efetiva (mm)

[c.e/i] 0.974 / 0.861 0.926 / 0.826

Diâmetro do círculo útil do pé (mm)

[dNf] 54.273 183.768

(mm)

[dNf.e/i] 54.296 / 54.254 183.802 / 183.738

Diâmetro do círculo do perfil do pé (mm)

[dFf] 54.154 182.289

(mm)

[dFf.e/i] 54.074 / 54.031 182.118 / 182.030

Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)

[cF.e/i] 0.133 / 0.090 0.886 / 0.810

Altura da cabeça (mm)

[ha=mn*(haP*+x+k)] 4.031 1.969

(mm)

[ha.e/i] 4.031 / 4.026 1.969 / 1.964

Altura do pé (mm)

[hf=mn*(hfP*-x)] 2.719 4.781

(mm)

[hf.e/i] 2.815 / 2.870 4.912 / 4.980

Ângulo de geração rel. dFa (°)

[xsi_dFa.e/i] 39.509 / 39.490 24.319 / 24.311

Ângulo de geração rel. dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	39.509 /	39.490	24.319 /	24.311
Ângulo de geração rel. dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	9.517 /	9.239	15.271 /	15.190
Ângulo de geração rel. dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	7.938 /	7.594	13.003 /	12.874
Altura do dente (mm)	[h]	6.750		6.750	
Número de dentes de substituição	[zn]	19.000		63.000	
Espessura de dente normal no círculo de cabeça (mm)	[san]	1.618		2.474	
(mm)	[san.e/i]	1.545 /	1.493	2.381 /	2.326
Espessura de dente normal no círculo da forma da cabeça (mm)	[sFan]	1.618		2.474	
(mm)	[sFan.e/i]	1.545 /	1.493	2.381 /	2.326
Largura do espaço normal no círculo do pé (mm)	[efn]	0.000		2.689	
(mm)	[efn.e/i]	0.000 /	0.000	2.739 /	2.766
Velocidade de deslizamento máx. na cabeça (m/s)	[vga]	3.488		2.148	
Deslizamento específico na cabeça	[zetaa]	0.615		0.615	
Deslizamento específico no pé	[zetaf]	-1.597		-1.595	
Deslizamento específico médio	[zetam]	0.615			
Fator de deslize na cabeça	[Kga]	0.398		0.245	
Fator de deslize no pé	[Kgf]	-0.245		-0.398	
Divisão de círculo de referência (mm)	[pt]	9.425			
Divisão de círculo de base (mm)	[pbt]	8.856			
Divisão de pressão transversal (mm)	[pet]	8.856			
Comprimento da longitude de engrenagem (mm)	[ga, e/i]	14.090 (	14.149 /	14.010)	
Comprimento T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	4.377(	4.319/	4.448)	37.691(37.691/ 37.678)
Comprimento T1-B (mm)	[T1B, T2B]	9.611(	9.611/	9.602)	32.458(32.399/ 32.525)
Comprimento T1-C (mm)	[T1C, T2C]	9.748(	9.734/	9.761)	32.321(32.276/ 32.366)
Comprimento T1-D (mm)	[T1D, T2D]	13.234(	13.175/	13.305)	28.835(28.835/ 28.822)
Comprimento T1-E (mm)	[T1E, T2E]	18.467(	18.467/	18.458)	23.601(23.543/ 23.668)
Comprimento T1-T2 (mm)	[T1T2]	42.068 (	42.010 /	42.127)	
Diâmetro do ponto de engrenagem individual B (mm)	[d-B]	56.907(	56.907/	56.901)	189.094(189.054/ 189.140)
Diâmetro do ponto de engrenagem individual D (mm)	[d-D]	59.745(	59.693/	59.808)	186.730(186.730/ 186.722)
Cobertura de cabeça	[eps]	0.985(	0.986/	0.982)	0.606(0.611/ 0.600)
Comprimento mínimo da linha de contato (mm)	[Lmin]	24.000			
Cobertura de perfil	[eps_a]	1.591			
Cobertura de perfil com desvios limite	[eps_a.e/m/i]	1.598 /	1.590 /	1.582	
Coefficiente de cobertura	[eps_b]	0.000			
Cobertura total	[eps_g]	1.591			
Cobertura total com desvios limite	[eps_g.e/m/i]	1.598 /	1.590 /	1.582	

2. FATORES DE INFLUÊNCIA GERAIS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Força tangencial nominal no círculo de referência (N)	[Ft]	1255.8	
Força axial (N)	[Fa]	0.0	
Força radial (N)	[Fr]	457.1	
Força normal (N)	[Fnorm]	1336.4	
Força tangencial nominal por mm (N/mm)	[w]	52.32	
Apenas para fins informativos: Forças no círculo rolante:			
Força tangencial nominal (N)	[Ftw]	1255.8	
Força axial (N)	[Faw]	0.0	
Força radial (N)	[Frw]	457.1	
Velocidade tangencial círculo de referência (m/s)	[v]	8.76	
Velocidade tangencial círculo primitivo de funcionamento (m/s)	[v(dw)]	8.76	

Valor de entrada (μm)	[yp]	0.6	
Valor de entrada (μm)	[yf]	0.7	
Fator de correção	[CM]	0.800	
Fator do corpo da engrenagem	[CR]	1.000	
Fator de perfil de referência	[CBS]	0.975	
Fator de material	[E/Est]	0.971	
Rigidez da mola individual (N/mm/ μm)	[c']	11.961	
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/ μm)	[cgalf]	17.263	
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/ μm)	[cgbet]	14.673	
Massa reduzida (kg/mm)	[mRed]	0.01121	
Velocidade de ressonância (min-1)	[nE1]	19726	
Velocidade de referência (-)	[N]	0.149	
Setor subcrítico			
Valor de entrada (μm)	[ya]	0.6	
Distância entre mancais I do eixo do pinhão (mm)	[l]	48.000	
Distância s do eixo do pinhão (mm)	[s]	4.800	
Diâmetro externo do eixo do pinhão (mm)	[dsh]	24.000	
Carga segundo Fig. 13, ISO 6336-1:2006 [-]	4		
0:a), 1:b), 2:c), 3:d), 4:e)			
Fator K' em conformidade com a Fig 13, ISO 6336-1:2006	[K']	-1.00	
Sem efeito de apoio			
Desvio da linha de flancos, efetivo (μm)	[Fby]	4.82	
de deformação dos eixos (μm)	[fsh*B1]	0.63	
(fsh (μm) = 0.63, B1= 1.00, fHb5 (μm) = 6.50)			
Dente sem correção das linhas de flancos			
Posição da marca de contato do dente: favorável			
de tolerâncias de fabricação (μm)	[fma*B2]	12.38	
(B2= 1.00)			
Desvio da linha de flancos, teórico (μm)	[Fbx]	5.67	
Valor de entrada (μm)	[yb]	0.85	
Fator dinâmico	[KV]	1.173	
Fatores de largura - Flanco	[KHb]	1.426	
- Pé do dente	[KFb]	1.296	
- Raspagem (scuffing)	[KBb]	1.426	
Fatores frontais - Flanco	[KH _a]	1.000	
- Pé do dente	[KF _a]	1.000	
- Raspagem (scuffing)	[KB _a]	1.000	
Fator de inclinação Raspagem (scuffing)	[Kbg]	1.000	
Número de ciclos de carga (em milhões)	[NL]	3522.000	1062.190

3. CAPACIDADE DE CARGA DO PÉ DO DENTE

Cálculo de fatores de perfil do dente segundo o método: B

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Cálculo com deslocamento de perfil	[x]	0.3437	-0.3437
Fator do perfil do dente	[YF]	1.23	1.58
Fator de correção de tensão	[YS]	2.17	1.81
Ângulo de aplicação de força (°)	[alfFen]	21.97	18.89
Braço da alavanca de flexão (mm)	[hF]	2.80	3.52
Espessura do pé do dente (mm)	[sFn]	6.36	6.35

Raio do pé do dente (mm) [roF] 1.39 1.77
(hF* = 0.932/ 1.173 sFn* = 2.120/ 2.116 roF* = 0.464/ 0.590)
(den (mm) =
59.745/ 189.094 dsFn(mm) = 52.551/ 180.779 alfsFn(°) = 30.00/ 30.00 qs = 2.284/ 1.793)

Fator helicoidal	[Ybet]	1.000	
Fator de grande engrenagem	[YDT]	1.000	
Fator de coroa dentada	[YB]	1.00	1.00
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	24.00	26.00
Tensão nominal do pé do dente (N/mm²)	[sigF0]	46.45	46.26
Tensão no pé do dente (N/mm²)	[sigF]	95.35	94.96
Tensão de pé do dente admissível de engrenagem de verificação			
Sensibilidade ao entalhe	[YdreIT]	0.998	0.993
Fator de superfície	[YRreIT]	0.957	0.957
Fator dimensional (pé do dente)	[YX]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[YNT]	0.868	0.889
	[YdreIT*YRreIT*YX*YNT]	0.829	0.845
Coeficiente de flexão alternada (fator de tensão média)	[YM]	1.000	1.000
Fator de correção de tensão	[Yst]	2.00	
Yst*sigFlim (N/mm²)	[sigFE]	738.00	738.00
Tensão de pé do dente admissível (N/mm²)	[sigFP=sigFG/SFmin]	436.84	445.19
Resistência-limite de pé do dente (N/mm²)	[sigFG]	611.57	623.27
Segurança nominal	[SFmin]	1.40	1.40
Fator de segurança para tensão do pé do dente	[SF=sigFG/sigF]	6.41	6.56
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	50.40	51.57

4. SEGURANÇA DOS FLANCOS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Fator de zona	[ZH]	2.495	
Fator de elasticidade ($\sqrt{N/mm^2}$)	[ZE]	187.027	
Fator de relação de contato	[Zeps]	0.896	
Fator helicoidal	[Zbet]	1.000	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	24.00	
Pressão de flancos nominal (N/mm²)	[sigH0]	457.00	
Compressão de flancos no círculo rolante (N/mm²)	[sigHw]	686.82	
Fator de engrenagem individual	[ZB,ZD]	1.00	1.00
Compressão de flancos (N/mm²)	[sigHB, sigHD]	690.23	686.82
Fator de lubrificante (com NL)	[ZL]	1.047	1.047
Fator de velocidade (com NL)	[ZV]	0.996	0.996
Fator de rugosidade (com NL)	[ZR]	0.956	0.956
Fator de combinação de material (com NL)	[ZW]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[ZNT]	0.878	0.911
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.875	0.908
Um pitting linitado permitido:	não		
Fator dimensional (flanco)	[ZX]	1.000	1.000
Pressão de flancos admissível (N/mm²)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1063.25	1103.07
Resistência-limite a corrosão (N/mm²)	[sigHG]	1063.25	1103.07
Segurança nominal	[SHmin]	1.00	1.00
Segurança para pressão de flancos círculo rolante	[SHw]	1.55	1.61
Segurança para pressão engrenagem individual	[SHBD=sigHG/sigHBD]	1.54	1.61

(Segurança relativamente ao torque transmissível)

	[(SHBD)^2]	2.37	2.58
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	26.10	28.37

4b. MICROPITTING SEGUNDO ISO/TR 15144-1:2014

Cálculo da espessura específica admissível para a película

Lubrificante nível de força em conformidade com a norma FVA, publicação 54/7

10 (Óleo: Mobilgear 600 XP 320)

Dados de referência Teste FZG-C:

Torque (Nm)	[T1Ref]	265.1
Carga linear no ponto de contato A (N/mm)	[FbbRef,A]	236.3
Temperatura de óleo (°C)	[theOilRef]	90.0
Temperatura de massa (°C)	[theMRef]	127.3
Temperatura de contato (°C)	[theBRef,A]	249.7
Espessura da folga de lubrificação (μm)	[hRef,A]	0.061
Espessura da película específica no teste (μm)	[lamGFT]	0.122
Fator de material	[WW]	0.65
Espessura da película específica admissível (μm)	[lamGFP]	0.111

Resultado intermediário em conformidade com ISO/TR 15144:2014

Coefficiente de atrito	[mym]	0.054
Fator de lubrificante	[XL]	1.000
Fator de rugosidade	[XR]	1.170
Temperatura de massa (°C)	[theM]	81.9
Fator de Recuo da cabeça	[XCα (A)]	1.925
Fator de dissipação	[HV]	0.161
Módulo de elasticidade de substituição (N/mm²)	[Er]	219780
Coefficiente pressão viscosidade (m²/N)	[alf38]	0.02279
Viscosidade dinâmica (Ns/m²)	[etatM]	37.3
Valor de rugosidade médio (μm)	[Ra]	0.6

Cálculo das velocidades, distribuição de carga e curvatura de flancos segundo método B, em conformidade com ISO/TR 15144-1:2014

Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)

1 1

Cálculo no ponto (0:A, 1:AB, 2:B, 3:C, 4:D, 5:DE, 6:E, -1:No Point)

1

Diâmetro (mm)	[dy]	55.359	190.954
Raio de curvatura de substituição (mm)	[pred]	5.831	
Fator de aplicação da força	[XY]	0.500	
Compressão de flancos (N/mm²)	[pH]	408.663	
Compressão de flancos (N/mm²)	[pdyn]	614.178	
Espessura da película específica mínima (μm)	[lamGFY]	0.639	(hY=0.383 μm)
Segurança contra micropitting	[Slam(B)]	5.770	
(Resultados intermédios, ver arquivo: Micropitting_12.tmp)			

5. RESISTÊNCIA À RASPAGEM (SCUFFING)

Método de cálculo em conformidade com ISO TR 13989:2000

Fator de lubrificação (para tipo de lubrificação)

	[XS]	1.000	
Teste de gripagem e nível de carga	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1)	12
Fator de engrenagem múltipla	[Xmp]	1.000	
Coefficiente relativo de estrutura (gripagem)	[XWrelT]	1.000	
Coefficiente de contato térm. (N/mm/s^0.5/K)	[BM]	13.087	13.087
Recuo da cabeça determinante (μm)	[Ca]	5.00	5.00
Recuo ótimo da cabeça (μm)	[Ceff]	5.91	

Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)	1	1
Largura de dente determinante (mm) [beff]		24.000
Força tangencial/largura de dente determinantes (N/mm) [wBt]		118.184
Kbg = 1.000, wBt*Kbg = 118.184		
Fator de ângulo [Xalfbet]		0.978
($\epsilon_1: 0.985$, $\epsilon_2: 0.606$)		
Critério de temperatura de flash		
Fator de lubrificante [XL]		0.832
Temperatura de massa (°C) [theMi]		83.51
(theMi = theoil + XS*0.47*Xmp*theflm)		
temperatura instantânea média (°C) [theflm]		7.48
Temperatura de raspagem (scuffing) (°C) [theS]		349.43
Coordenada Gamma (local da temp. máxima) [Gamma]		0.500
[Gamma.A]=-0.551 [Gamma.E]= 0.895		
Temp. máxima contato. (°C) [theB]		97.60
Fator de flash (°K*N ^{0.75} *s ^{0.5} *m ^{0.5}) [XM]		52.319
Fator de início de engrenagem [XJ]		1.000
Fator de aplicação da força [XGam]		0.734
Viscosidade dinâmica (mPa*s) [etaM]		40.01 (80.0 °C)
Coefficiente de atrito [mym]		0.047
Segurança nominal [SBmin]		2.000
Coefficiente de segurança para gripagem (scuffing) (temperatura instantânea) [SB]		15.310
Critério de temperatura integral		
Fator de lubrificante [XL]		1.000
Temperatura de massa (°C) [theMC]		82.84
(theMC = theoil + XS*0.70*theflaint)		
temperatura instantânea em media (°C) [theflaint]		4.06
Temperatura integral de raspagem (scuffing) (°C) [theSint]		359.60
Fator de flash (°K*N ^{0.75} *s ^{0.5} *m ^{0.5}) [XM]		52.319
Fator de entrada (totalmente introduzido) [XE]		1.000
Fator de relação de contato [Xeps]		0.239
Viscosidade dinâmica (mPa*s) [etaOil]		40.01 (80.0 °C)
Coefficiente de atrito determinado [mym]		0.053
Fator de geometria [XBE]		0.378
Fator de engrenagem [XQ]		1.000
Fator de Recuo da cabeça [XCa]		1.925
Temperatura de flancos integral (°C) [theint]		88.93
Segurança nominal [SSmin]		1.800
Fator de segurança para raspagem (scuffing) (T. inter.) [SSint]		4.044
Seg. p. torque de transmissão (Int.-T.) [SSL]		31.317

6. MEDIDA DE ENSAIO PARA A ESPESSURA DO DENTE

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
		DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25
Tolerância de espessura de dente		-0.070 / -0.110	-0.095 / -0.145
Desvio da espessura de dente na seção normal (mm) [As.e/i]			
Número de dentes de medida [k]		3.000	7.000
Medida entre dentes sem folgas (mm) [Wk]		23.645	59.508
Medida entre dentes efetiva (mm) [Wk.e/i]		23.579 / 23.541	59.419 / 59.372
(mm) [ΔWk.e/i]		-0.066 / -0.103	-0.089 / -0.136
Diâmetro do circuito de medição (mm) [dMWk.m]		58.515	187.271

Diâmetro de elemento de medição teor. (mm)	[DM]	5.727	4.982
Diâmetro efet. de elemento de medição (mm)	[DMeff]	6.000	5.000
Medida radial de uma esfera sem folgas (mm)	[MrK]	34.119	96.803
Medida radial de uma esfera (mm)	[MrK.e/i]	34.054 / 34.017	96.670 / 96.599
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMMr.m]	59.266	186.669
Medida diametral de duas esferas, sem folga (mm)	[MdK]	68.025	193.548
Medida diametral de duas esferas (mm)	[MdK.e/i]	67.896 / 67.822	193.281 / 193.140
Medida diametral de um cilindro, sem folga (mm)	[MdR]	68.025	193.548
Medida sobre rolos em conformidade com DIN 3960 (mm)	[MdR.e/i]	67.896 / 67.822	193.281 / 193.140
Measurement over 3 pins (axial) according to AGMA 2002 (mm)	[dk3A.e/i]	67.896 / 67.822	193.281 / 193.140
Medida de três cilindros sem folgas (mm)	[Md3R]	67.813	193.489
Medida de três cilindros efetiva (mm)	[Md3R.e/i]	67.685 / 67.611	193.223 / 193.081
Espessura cordal do dente sem folgas (mm)	[sc]	5.455	3.961
Espessura cordal do dente efetiva (mm)	[sc.e/i]	5.385 / 5.345	3.866 / 3.816
Altura acima da corda a partir de da.m (mm)	[ha]	4.160	1.987
Espessura de dente (Arc) (mm)	[sn]	5.463	3.962
(mm)	[sn.e/i]	5.393 / 5.353	3.867 / 3.817
Distância entre eixos sem folga (mm)	[aControl.e/i]	122.772	/122.646
Distância entre eixos sem folga, desvios limite (mm)	[jta]	-0.228 /	-0.354
dNf.i com aControl (mm)	[dNf0.i]	53.975	183.241
Reserva (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	-0.050	0.561
Folga da cabeça (mm)	[c0.i(aControl)]	0.526	0.492
Desvio limite da distância entre eixos (mm)	[Aa.e/i]	0.020 /	-0.020
Folga na circunferência primitiva de Aa (mm)	[jtw_Aa.e/i]	0.015 /	-0.015
Folga radial (mm)	[jrw]	0.374 /	0.208
Folga na circunferência primitiva (seção transversal) (mm)	[jtw]	0.270 /	0.150
Folga de engrenamento normal (mm)	[jrw]	0.253 /	0.141
Ângulo de torção na entrada com saída imobilizada:			
Ângulo de torção total (°)	[j.tSys]	0.5419/0.3024	

7. TOLERÂNCIAS DO DENTADO

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Em conformidade com

ISO 1328-1:1995, ISO 1328-2:1997

Qualidade de engrenagem	[Q]	6	6
Desvio individual do passo (μm)	[fptT]	8.50	9.00
Desvio da divisão de círculo de base (μm)	[fpbT]	8.00	8.50
Desvio de passo por setor através de k/8 (μm)	[Fpk/8T]	12.00	18.00
Erro de forma de perfil (μm)	[ffaT]	8.50	9.50
Variação de ângulo de perfil (μm)	[fHaT]	7.00	8.00
Erro total de perfil (μm)	[FaT]	11.00	13.00
Desvio de perfil da linha de flancos (μm)	[ffbT]	8.50	9.00
Desvio de ângulo de linha de flancos (μm)	[fHbT]	8.50	9.00
Desvio total da linha de flancos (μm)	[FbT]	12.00	13.00
Desvio total do passo (μm)	[FpT]	27.00	35.00
Desvio da concentricidade (μm)	[FrT]	21.00	28.00
Divergência de engrenamento sobre um único flanco (μm)	[FisT]	45.00	55.00
Salto de engrenamento sobre um flanco (μm)	[fisT]	18.00	20.00
Erro composto radial (μm)	[FidT]	36.00	43.00

Salto de engrenamento sobre dois flancos (μm) [fidT] 14.00 15.00

Tolerâncias aplicáveis à posição do eixo (recomendação em conformidade com a norma ISO TR 10064-3:1996, qualidade 6)

Valor máximo para desvio do eixo (μm) [fSigbet] 13.00 ($F_b = 13.00$)

Valor máximo para inclinação do eixo (μm) [fSigdel] 26.00

8. DADOS COMPLEMENTARES

Distância entre eixos máxima admissível ($\epsilon_s = 1,0$)

Massas (kg) [aMAX] 124.887
Massa total (kg) [m] 0.502 5.543

Momento de inércia (sistema relativo à entrada):

Cálculo sem ter em conta o perfil exato do dente

Engrenagens individualmente $((d_a + d_f)/2 \dots d_i)$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) [TraeghMom] 0.0002133 0.02402

System $((d_a + d_f)/2 \dots d_i)$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) [TraeghMom] 0.002398

Rigidez circunferencial na entrada com saída imobilizada:

Rigidez circunferencial (MNm/rad) [cr] 0.253

Torção sob torque nominal ($^\circ$) [delcr] 0.008

Coefficiente de atrito médio (segundo Niemann) [mum] 0.062

Deslizamento de desgaste segundo Niemann [zetw] 0.978

Dissipação de potência do dente devido a carga (kW) [PVZ] 0.109

(grau de eficiência dos dentes (%)) [etaz] 99.011

Nível de pressão acústica (em conformidade com Masuda) [dB(A)] 67.6

9. CORRECÇÕES E CONFIRMAÇÃO DA FORMA DO PERFIL DO DENTE

Correcções de linhas de flancos e perfil para engrenagem

1

Simetricamente (ambos os flancos)

- Recuo da cabeça, linear $C_{aa} = 5.000\mu\text{m}$ $L_{Ca} = 0.872 \cdot m_n$ $d_{Ca} = 62.241\text{mm}$

Correcções de linhas de flancos e perfil para engrenagem

2

Simetricamente (ambos os flancos)

- Recuo da cabeça, linear $C_{aa} = 5.000\mu\text{m}$ $L_{Ca} = 0.872 \cdot m_n$ $d_{Ca} = 190.954\text{mm}$

Controle do recuo da cabeça

Diâmetro (mm) [dcheck] 64.992 192.868

Recuo da cabeça esquerdo/direito (μm) [Ca L/R] 4.9 / 4.9 4.8 / 4.8

Dados para cálculo do perfil do dente:

Dados inexistentes.

10. VIDA ÚTIL, DANO

Segurança nominal pé do dente [SFmin] 1.40

Segurança nominal flanco do dente [SHmin] 1.00

Vida útil (calculada com seguranças nominais):

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] > 1000000

Tempo de vida útil do pé do dente (h) [HFatt] 1e+006 1e+006

Tempo de vida útil do flanco do dente (h) [HHatt] 1e+006 1e+006

Indicação: A indicação 1e+006 h significa que a vida útil é > 1.000.000 h.

Dano calculado com base na vida útil nominal [H] (20000.0 h)

F1%	F2%	H1%	H2%
0.00	0.00	0.00	0.00

Cálculo dos fatores para a confirmação da confiabilidade R(t) em conformidade com B.Bertsche, com distribuição Weibull:

$R(t) = 100 * \text{Exp}(-((t^{\text{fac}} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$; t (h)

Engrenagem		fac	b	t0	T	R(H)%
1	Pé do dente	176100	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
1	Flanco do dente	176100	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00
2	Pé do dente	53110	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
2	Flanco do dente	53110	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00

Confiabilidade da configuração com vida útil nominal (%) 100.00 (Bertsche)

OBSERVAÇÕES:

- Indicações com [e/i] significam: Valor máximo [e] e mínimo [i] perante Tomada em conta de todas as tolerâncias
Indicações com [m] significam: Valor médio na tolerância
- Em existindo folga de engrenamento, são tidas em conta as tolerâncias de distâncias entre eixos e os desvios limite para a espessura do dente
. São indicadas as folgas máxima e mínima, em conformidade com os maiores e menores desvios limite.
O cálculo é realizado para o círculo rolante.
- Detalhes sobre método de cálculo:
cg segundo o método B
KV segundo o método B
KHb, KFb segundo o método C
fma segundo a equação (64), Fbx segundo (57/58), Fbx segundo (52/53/54)
KHa, KFa em conformidade com o método B
- Nos fatores ZL, ZV, ZR, ZW, ZX, YdreIT, YRreIT e YX, é indicado o valor logaritmicamente interpolado tomado pelos valores da resistência à fadiga e da resistência estática com base no número de ciclos de carga.

Fim do Relatório

linhas: 596

Nome : veio 2. z2.z7

Modificado por: up201405960

Data: 21.05.2019

Hora: 17:56:11

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	veio 2
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	443.000
Velocidade (1/min)	885.16
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material (Entrada própria)	F-10
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	200000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.600
Temperatura (°C)	80.000
Peso do eixo (kg)	12.062
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	18.158
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.034
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	1.330
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens consideradas como massas	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

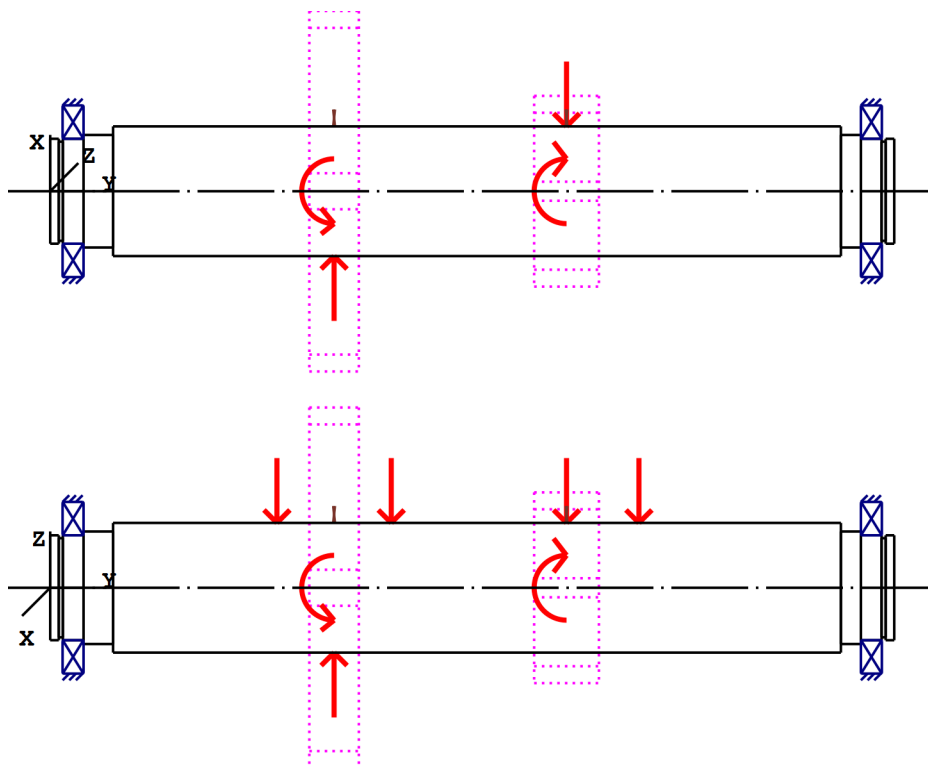


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (veio 2)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro)			0.000mm ...	4.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro esquerda (Chanfro esquerda)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Cilindro (Cilindro)			4.500mm ...	6.650mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio direita (Raio direita)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro)			6.650mm ...	17.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio direita (Raio direita)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			17.500mm ...	33.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	15.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			33.000mm ...	415.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	68.0000		
Comprimento (mm)	[l]	382.0000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Eixo estriado (Eixo estriado)

-158.000mm ... 224.000mm

$da=68.00$ (mm), $df=62.00$ (mm), $z=8$, Form=B, $l=382.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			415.000mm ...	425.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			425.500mm ...	436.350mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			436.350mm ...	438.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			438.500mm ...	443.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro direita (Chanfro direita)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Forças

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[local]	149.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	149.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		189.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		184.4100
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		11.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)		118.6705
Força axial (N)		-0.0000
Força transversal X (N)		359.1506
Força transversal Z (N)		1287.2001
Momento fletor X (Nm)		-0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[local]	271.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	271.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		100.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		99.0950
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		11.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)		-118.6705
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		-2207.0208
Força transversal Z (N)		-1228.1598
Momento fletor X (Nm)		-0.0000
Momento fletor Z (Nm)		-0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z4
Posição no eixo (mm)	[local]	119.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	119.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-46.2840
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z6
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	179.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	179.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-37.3660
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z9
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	309.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	309.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-78.2640
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		A
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	12.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	12.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		B
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	431.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	431.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000

Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _{ul}]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 149.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
 m (yS= 149.0000 (mm)): 4.9721 (kg)
 Jp: 0.0251 (kg*m²), Jxx: 0.0128 (kg*m²), Jzz: 0.0128 (kg*m²)

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 271.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
 m (yS= 271.0000 (mm)): 1.1241 (kg)
 Jp: 0.0021 (kg*m²), Jxx: 0.0011 (kg*m²), Jzz: 0.0011 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	22.006
Posição do máximo (mm)	254.000
Centro de massa (mm)	222.057
Soma da carga axial (N)	0.000
Torção sob torque (°)	-0.005

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 320		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'A'

Posição (coordenada Y)	[y]	12.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	0.64	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.64	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	599182.64	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	21.85	

Força de reação do mancal	[Fx]	0.601	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	-0.222	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.641	kN (-20.24°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.034	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.004	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.038	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	3.522	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-8.328	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-146.199	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	3.412	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	µm (157.72°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.020	mrاد (-0.07')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.000	mrاد (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.082	mrاد (0.28')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.085	mrاد (0.29')

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'B'

Posição (coordenada Y)	[y]	431.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	1.34	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.34	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	64839.80	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	10.41	
Força de reação do mancal	[Fx]	1.247	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.503	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.344	kN (21.95°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.051	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.013	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.064	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	5.915	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-8.324	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	145.425	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-3.423	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	µm (-157.65°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.010	mrاد (0.04')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.090	mrاد (-0.31')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.103	mrاد (-0.35')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.104	mrاد (0.36')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	3.34	30.85

Σ	3.34	30.85
---	------	-------

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2
32.20	67.57

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: A

B2: B

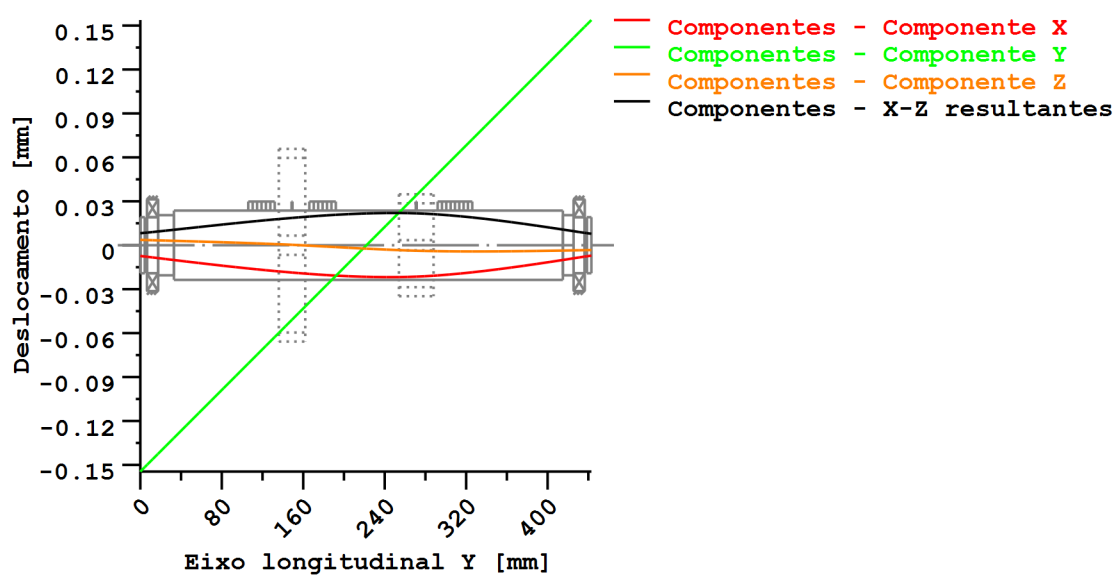
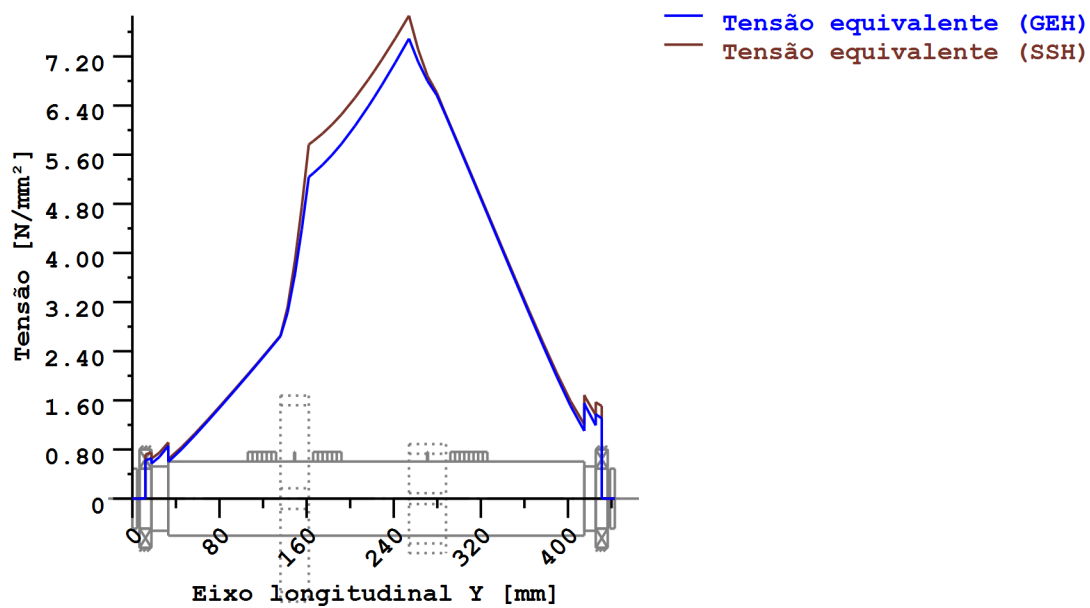


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

**Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012
com fadiga a baixo número de ciclos análoga à diretriz FKM e ao projeto FVA**

Resumo

veio 2

Material	F-10
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da fadiga a baixo número de ciclos e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	17.50	Ressalto do eixo
B-B	32.00	Entalhe circunferencial
C-C	149.00	Eixo estriado
D-D	271.00	Eixo estriado
E-E	416.00	Entalhe circunferencial
F-F	425.50	Ressalto do eixo
G-G	4.50	Ressalto do eixo
H-H	438.50	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfs	K2d	SD	SS
A-A	1.82	0.91	0.87	608.35	1095.20
B-B	2.22	0.91	0.86	153.21	335.23
C-C	1.07	1.00	0.85	53.75	49.09
D-D	1.07	1.00	0.85	25.63	24.16
E-E	2.22	0.91	0.86	97.71	213.80
F-F	1.82	0.91	0.87	291.02	523.91
G-G	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99
H-H	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99

Seguranças nominais: 1.20 2.00

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfs: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Vida útil e dano

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] 1000000.00

Dano do sistema (%) [D] 0.00

Dano (%) [H] (20000.0 h)

Cálculo da confiabilidade R(t) com distribuição Weibull; t em (h):

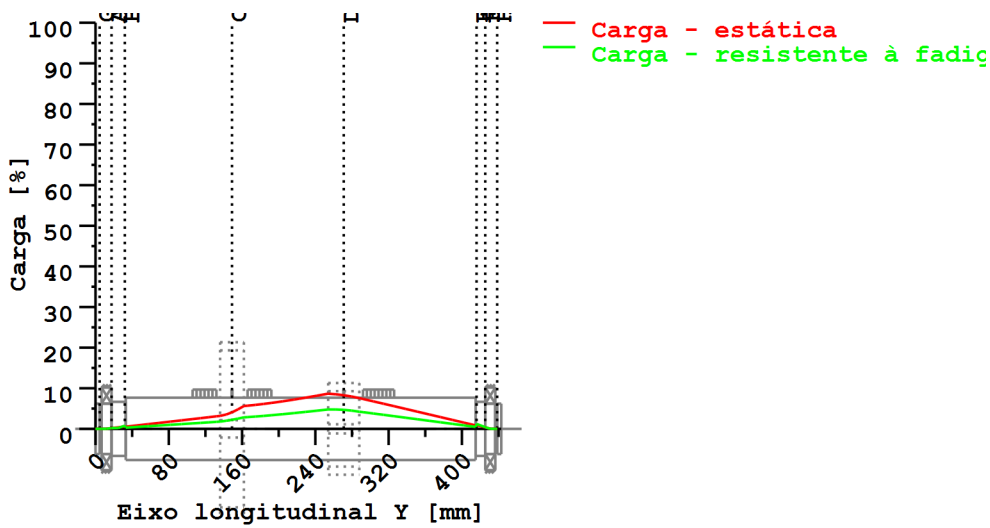
$$R(t) = 100 * \text{Exp}(-((t^{\text{fac}} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$$

Welle	fac	b	t0	T
1	53110	1.5	4.843e+010	1.027e+011

Dano da seção transversal (%)	[D]
A-A:	0.00
B-B:	0.00
C-C:	0.00
D-D:	0.00
E-E:	0.00
F-F:	0.00
G-G:	0.00
H-H:	0.00

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal	Estática	Resistente à fadiga
A-A	0.183	0.197
B-B	0.597	0.783
C-C	4.074	2.232
D-D	8.278	4.681
E-E	0.935	1.228
F-F	0.382	0.412
G-G	0.010	0.010
H-H	0.010	0.010
Utilização máxima (%)	[A]	8.278



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação veio 2
Desenho
Comprimento (mm) [l] 443.00
Velocidade (1/min) [n] 885.16

Material F-10
Tipo de material Aço beneficiado
Tratamento do material sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm) [dB] 70.00

σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σB] 580.00

σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σS] 305.00

[σdW] (bei dB) (N/mm²) 232.00

[σbW] (bei dB) (N/mm²) 290.00

[τtW] (bei dB) (N/mm²) 174.00

Espessura matéria-prima (mm) [dWerkst] 70.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3

Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro de eixo D

de forma escalonada, sendo o fator dimensional K1d calculado com o diâmetro do eixo d

Valores de resistência de material determinados a partir do diâmetro do eixo

(Requisito: melhoramento do eixo torneado)

Indicação: Os seguintes valores de materiais são válidos só exatamente para a primeira seção transversal; os outros são determinados de acordo com o

respetivo "Diâmetro para fator dimensional".

[σBeff] (N/mm²)	580.00
[σSeff] (N/mm²)	305.00
[σbF] (N/mm²)	366.00
[τtF] (N/mm²)	211.31
[σBRand] (N/mm²)	628.00

[σzdW] (N/mm²)	232.00
[σbW] (N/mm²)	290.00
[τtW] (N/mm²)	174.00

Fadiga a baixo número de ciclos para solicitação de nível único

Vida útil nominal	[H]	20000.00
Número de ciclos de carga (Mio)	[NL]	1062.190

Dados da linha "Wöhler" semelhantes aos da diretiva FKM:

[kσ, kτ]	5	8
[kDσ, kDτ]	0	0
[NDσ, NDτ]	1e+006	1e+006
[NDσII, NDτII]	0	0

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	17.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (μm)		[Rz] 8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	3.5	0.0	641.7
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	6.0	0.0	1090.9
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.216	0.000	0.360
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.368	0.000	0.612

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

Fator de influência sens. média tensão.	[σWK]	113.205	131.549	107.307
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000

Segurança contra fadiga	[S]	608.353		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	50696.1		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		1095.202	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		54760.1	

Seção transversal 'B-B' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	32.000		
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000		
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)		57.000	1.000	1.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

Carga: (N) (Nm)		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	12.8	0.0	642.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	21.8	0.0	1092.7
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.706	0.000	0.336
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.201	0.000	0.571

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		153.207	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		12767.2	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		335.225	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		16761.3	

Seção transversal 'C-C' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			149.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	29.7	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	88.8	29.7	850.3
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	151.0	100.9	1445.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.634	0.000
[σzda, oba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	3.797	0.634	0.376
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	6.454	2.156	0.638

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	1.000
[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	1.098
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.634

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.278	215.611	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.278	215.611	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		53.755	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		4479.6	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.000	1.000	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		49.086	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		2454.3	

Seção transversal 'D-D' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			271.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	29.7	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	202.1	29.7	285.0
Valor máximo	[Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	343.5	100.9	484.5
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.634	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	8.636	0.634	0.126
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	14.682	2.156	0.214

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe [dB] (mm) = 29.0	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	1.098
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.634

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.278	224.040	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.278	224.040	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		25.633	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		2136.1	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		24.160	

Segurança nominal	[Smin]	2.000
Resultado (%)	[S/Smin]	1208.0

Seção transversal 'E-E' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	416.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000
Efeito de entalhe		Entalhe circunferencial
[d, r, t] (mm)	57.000 1.000 1.000	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	20.1	0.0	1342.4
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	34.2	0.0	2282.0
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	1.108	0.000	0.701
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.883	0.000	1.192

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.919	2.816
Quebra de tensão relacionada	[G]	2.333	2.333
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		97.711	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		8142.6	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		213.798	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		10689.9	

Seção transversal 'F-F' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	425.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	7.4	0.0	1343.1
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	12.6	0.0	2283.3
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.452	0.000	0.754
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.768	0.000	1.281

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205
			1.622

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)			
	[σWK]	113.205	131.549
Fator de influência sens. média tensão.			107.307
	[ψσK]	0.108	0.128
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]	291.018	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]	24251.5	

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:			
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)			
	[σFK]	335.500	402.600
Segurança limite elástico	[S]	523.913	211.310
Segurança nominal	[Smin]	2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]	26195.7	

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	4.500
-----------------------------	-----	-------

Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000			
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000			
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000			
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo		
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500		
Rugosidade média (µm)		[Rz]	8.000		
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.001
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)					
[σWK]	106.335	122.915	103.696		
Fator de influência sens. média tensão.					
[ψσK]	0.101	0.119	0.098		
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)					
[σFK]	335.500	402.600	211.310		
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Seção transversal 'H-H' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	438.500		
Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000		
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500	

Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo	[Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm^2)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7

Tensões: (N/mm^2)					
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_{m} , τ_{qm}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_{a} , τ_{qa}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.001
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.001

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_{B})]	1.000			
	[K1(σ_{S})]	1.000			

		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm^2)	[σ_{mV}]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[τ_{mV}]	0.000			

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm^2)

	[σ_{WK}]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[$\psi\sigma_{\text{K}}$]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ADK}]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ANK}]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm^2)					
	[σ_{FK}]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
 - Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.
- Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

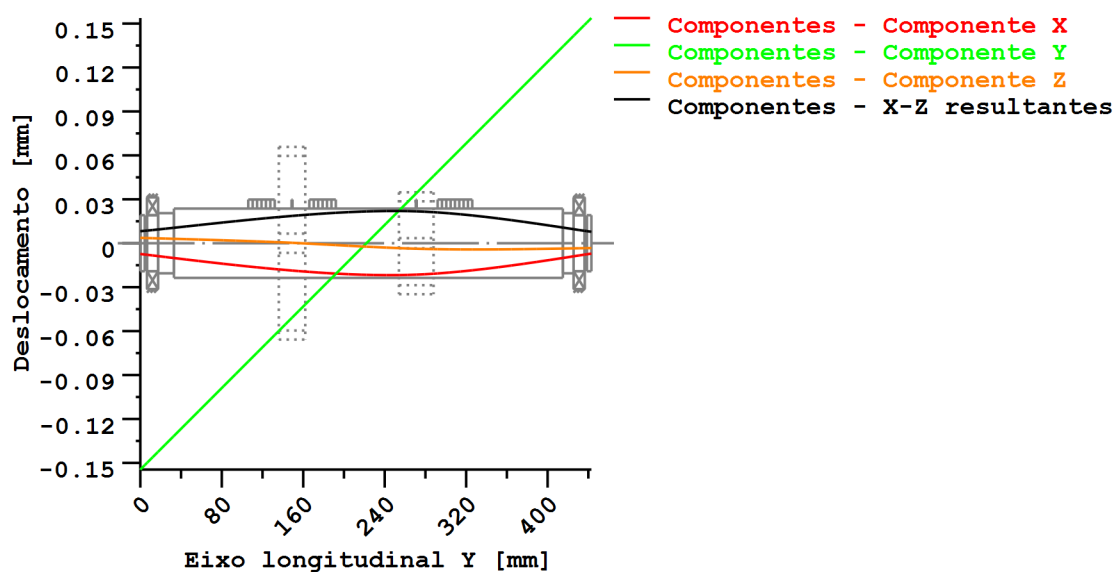


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.)

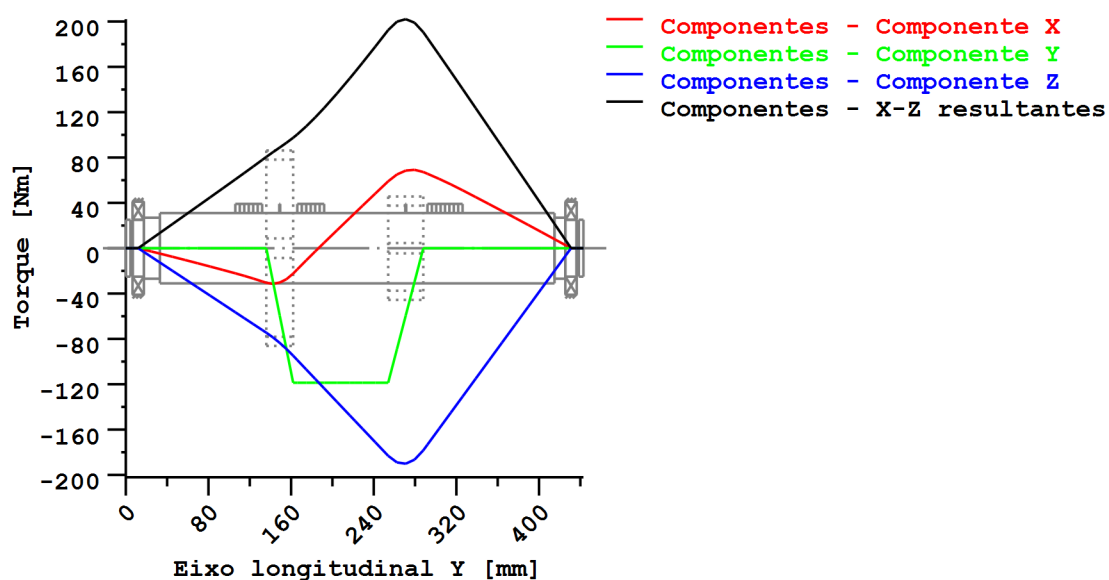


Figura: Curva de momentos

Nome : veio 2. z2.z7 anti

Modificado por: up201405960

Data: 21.05.2019

Hora: 17:46:42

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	veio 2
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	443.000
Velocidade (1/min)	885.16
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material (Entrada própria)	F-10
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	200000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.600
Temperatura (°C)	80.000
Peso do eixo (kg)	12.062
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	18.158
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.034
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	1.330
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens consideradas como massas	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

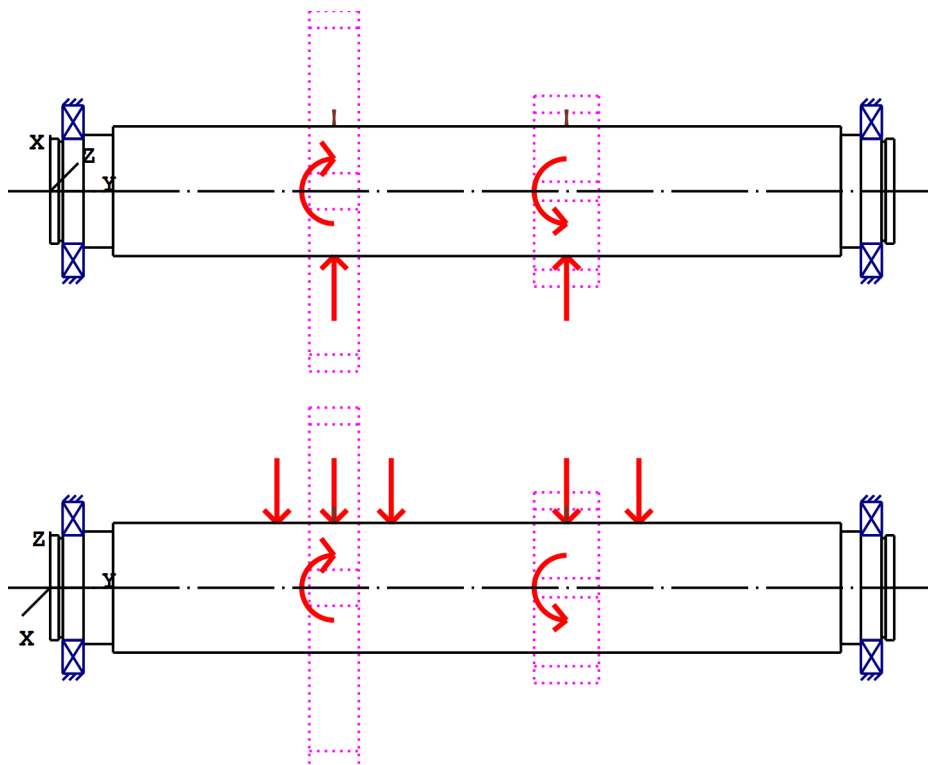


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (veio 2)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro)			0.000mm ...	4.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro esquerda (Chanfro esquerda)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Cilindro (Cilindro)			4.500mm ...	6.650mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio direita (Raio direita)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro)			6.650mm ...	17.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio direita (Raio direita)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			17.500mm ...	33.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	15.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			33.000mm ...	415.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	68.0000		
Comprimento (mm)	[l]	382.0000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Eixo estriado (Eixo estriado)

-158.000mm ... 224.000mm

$da=68.00$ (mm), $df=62.00$ (mm), $z=8$, Form=B, $l=382.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			415.000mm ...	425.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			425.500mm ...	436.350mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			436.350mm ...	438.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			438.500mm ...	443.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro direita (Chanfro direita)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Forças

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[local]	149.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	149.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		189.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		184.4100
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		11.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)		-118.6705
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		552.2710
Força transversal Z (N)		-1216.9100
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		-0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[local]	271.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	271.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		100.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		99.0950
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		11.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)		118.6705
Força axial (N)		-0.0000
Força transversal X (N)		2480.1219
Força transversal Z (N)		-477.8207
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z4
Posição no eixo (mm)	[local]	119.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	119.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-46.2840
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z6
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	179.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	179.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-37.3660
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z9
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	309.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	309.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-78.2640
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		A
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	12.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	12.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		B
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	431.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	431.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000

Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _{ul}]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 149.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
m (yS= 149.0000 (mm)): 4.9721 (kg)
Jp: 0.0251 (kg*m²), Jxx: 0.0128 (kg*m²), Jzz: 0.0128 (kg*m²)

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 271.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
m (yS= 271.0000 (mm)): 1.1241 (kg)
Jp: 0.0021 (kg*m²), Jxx: 0.0011 (kg*m²), Jzz: 0.0011 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	33.651
Posição do máximo (mm)	229.200
Centro de massa (mm)	222.057
Soma da carga axial (N)	0.000
Torção sob torque (°)	0.005

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 320		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'A'

Posição (coordenada Y)	[y]	12.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	1.77	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.77	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	28517.60	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	7.92	

Força de reação do mancal	[Fx]	-1.319	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	1.177	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.768	kN (138.24°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.059	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.020	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.079	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	7.344	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	6.464	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-146.199	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-6.263	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-44.1°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.093	mrad (-0.32')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.146	mrad (-0.5')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.173	mrad (0.6')

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'B'

Posição (coordenada Y)	[y]	431.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	1.92	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.92	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	22390.03	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	7.31	
Força de reação do mancal	[Fx]	-1.714	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.857	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.916	kN (153.42°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.062	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.023	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.085	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	7.854	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	8.153	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	145.425	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-3.811	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-25.05°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.095	mrad (0.33')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.090	mrad (0.31')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.151	mrad (0.52')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.178	mrad (0.61')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	70.13	89.33

Σ	70.13	89.33
----------	-------	-------

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2
88.85	96.31

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: A

B2: B

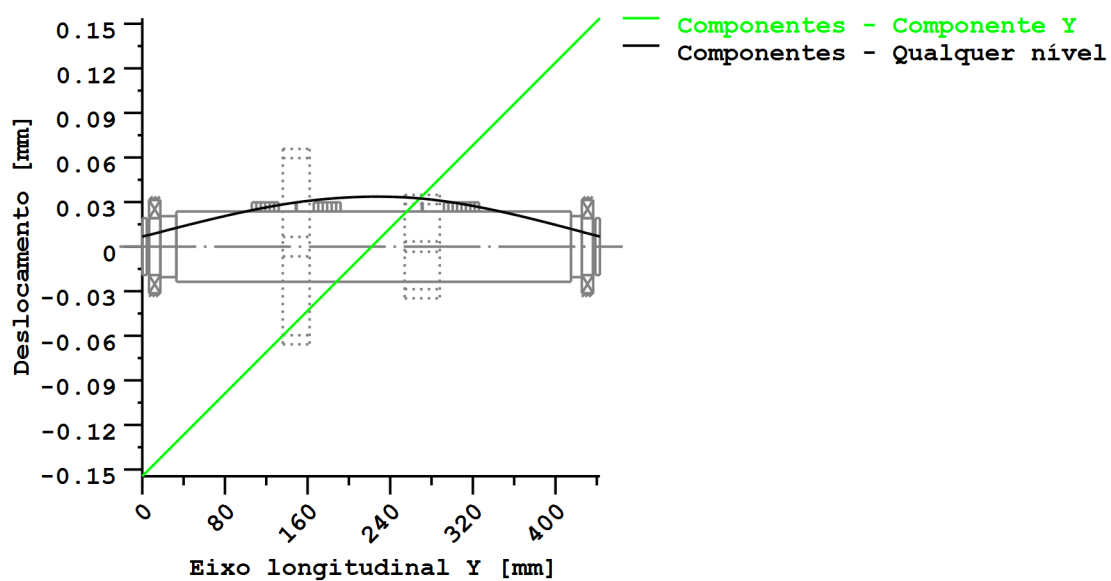
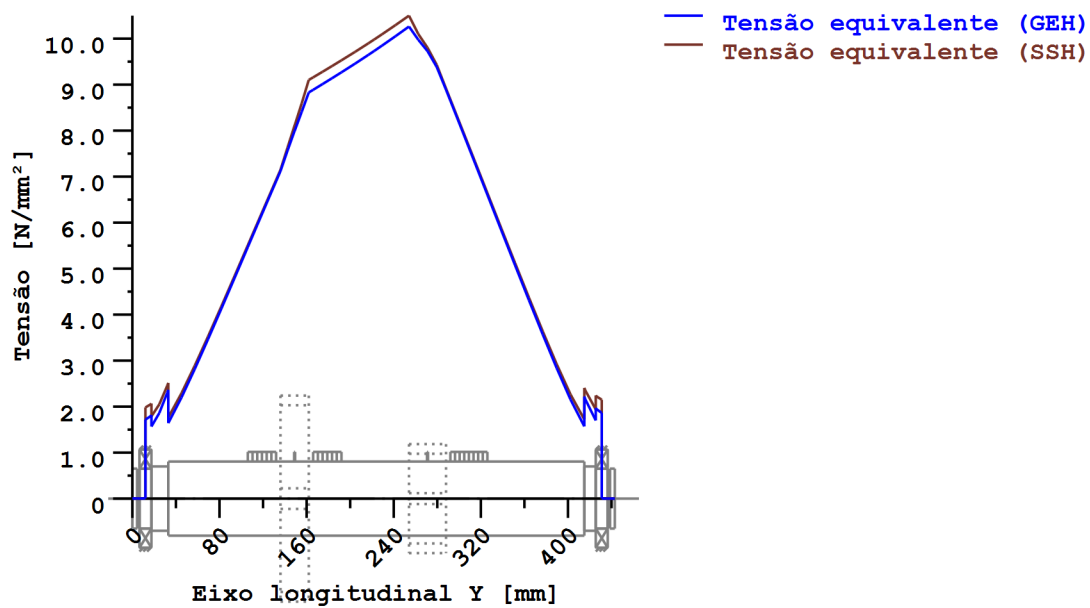


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 327.6240733 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012
com fadiga a baixo número de ciclos análoga à diretriz FKM e ao projeto FVA

Resumo

veio 2

Material	F-10
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da fadiga a baixo número de ciclos e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	17.50	Ressalto do eixo
B-B	32.00	Entalhe circunferencial
C-C	149.00	Eixo estriado
D-D	271.00	Eixo estriado
E-E	416.00	Entalhe circunferencial
F-F	425.50	Ressalto do eixo
G-G	4.50	Ressalto do eixo
H-H	438.50	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfs	K2d	SD	SS
A-A	1.82	0.91	0.87	222.37	400.33
B-B	2.22	0.91	0.86	55.82	122.14
C-C	1.07	1.00	0.85	22.16	20.90
D-D	1.07	1.00	0.85	17.94	16.92
E-E	2.22	0.91	0.86	68.54	149.96
F-F	1.82	0.91	0.87	204.12	367.48
G-G	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99
H-H	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99

Seguranças nominais: 1.20 2.00

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfs: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Vida útil e dano

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] 1000000.00

Dano do sistema (%) [D] 0.00

Dano (%) [H] (20000.0 h)

Cálculo da confiabilidade R(t) com distribuição Weibull; t em (h):

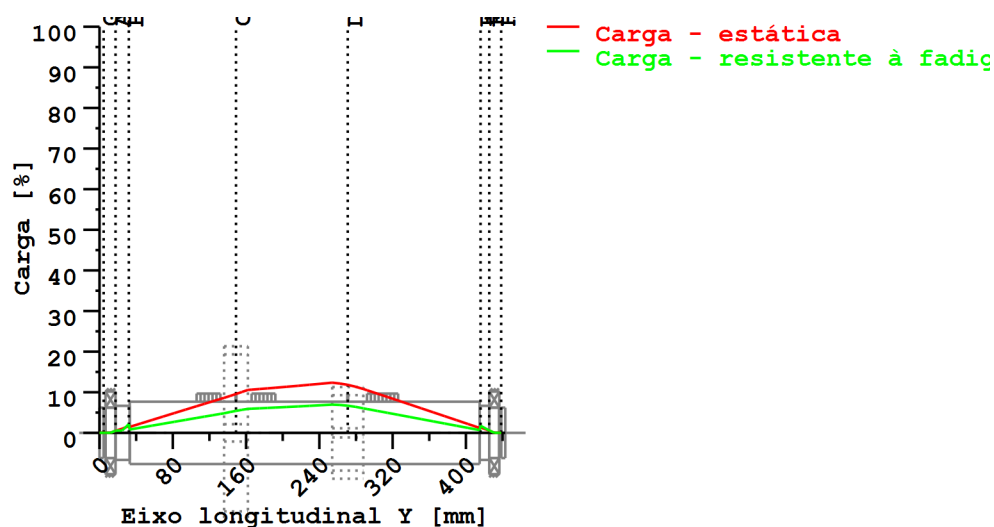
$$R(t) = 100 * \exp(-((t^{*fac} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$$

Welle	fac	b	t0	T
1	53110	1.5	4.843e+010	1.027e+011

Dano da seção transversal (%)	[D]
A-A:	0.00
B-B:	0.00
C-C:	0.00
D-D:	0.00
E-E:	0.00
F-F:	0.00
G-G:	0.00
H-H:	0.00

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal	Estática	Resistente à fadiga
A-A	0.500	0.540
B-B	1.637	2.150
C-C	9.570	5.416
D-D	11.821	6.688
E-E	1.334	1.751
F-F	0.544	0.588
G-G	0.010	0.010
H-H	0.010	0.010
Utilização máxima (%)	[A]	11.821



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação veio 2
Desenho
Comprimento (mm) [l] 443.00
Velocidade (1/min) [n] 885.16

Material F-10
Tipo de material Aço beneficiado
Tratamento do material sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm) [dB] 70.00

σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σB] 580.00

σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σS] 305.00

[σdW] (bei dB) (N/mm²) 232.00

[σbW] (bei dB) (N/mm²) 290.00

[τtW] (bei dB) (N/mm²) 174.00

Espessura matéria-prima (mm) [dWerkst] 70.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3

Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro de eixo D de forma escalonada, sendo o fator dimensional K1d calculado com o diâmetro do eixo d

Valores de resistência de material determinados a partir do diâmetro do eixo (Requisito: melhoramento do eixo torneado)

Indicação: Os seguintes valores de materiais são válidos só exatamente para a primeira seção transversal; os outros são determinados de acordo com o

respetivo "Diâmetro para fator dimensional".

[σBeff] (N/mm²)	580.00
[σSeff] (N/mm²)	305.00
[σbF] (N/mm²)	366.00
[τtF] (N/mm²)	211.31
[σBRand] (N/mm²)	628.00

[σzdW] (N/mm²)	232.00
[σbW] (N/mm²)	290.00
[τtW] (N/mm²)	174.00

Fadiga a baixo número de ciclos para solicitação de nível único

Vida útil nominal	[H]	20000.00
Número de ciclos de carga (Mio)	[NL]	1062.190

Dados da linha "Wöhler" semelhantes aos da diretiva FKM:

[kσ, kτ]	5	8
[kDσ, kDτ]	0	0
[NDσ, NDτ]	1e+006	1e+006
[NDσII, NDτII]	0	0

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	17.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	9.7	0.0	1765.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	16.4	0.0	3001.8
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.592	0.000	0.991
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.006	0.000	1.685

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

Fator de influência sens. média tensão.	[σWK]	113.205	131.549	107.307
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000

Segurança contra fadiga	[S]	222.371		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	18530.9		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		400.330	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		20016.5	

Seção transversal 'B-B' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	32.000		
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000		
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)		57.000	1.000	1.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

Carga: (N) (Nm)		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	35.3	0.0	1763.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	59.9	0.0	2998.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	1.939	0.000	0.922
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	3.296	0.000	1.567

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		55.823	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		4651.9	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		122.143	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		6107.2	

Seção transversal 'C-C' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]		149.000	
Diâmetro externo (mm)	[da]		68.000	
Diâmetro interno (mm)	[di]		0.000	
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]		68.000	
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	8 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	29.7	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	235.5	29.7	1149.5
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	400.3	100.9	1954.1
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.634	0.000
[σzda, oba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	10.065	0.634	0.508
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	17.110	2.156	0.863

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	1.000
[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	1.098
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.634

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.278	225.020	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.278	225.020	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		22.158	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1846.5	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.000	1.000	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		20.899	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		1044.9	

Seção transversal 'D-D' Eixo estriado

Comentário					
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			271.000	
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000	
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000	
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000	
Efeito de entalhe			Eixo estriado		
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	8	0.000
Forma B					
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000	
			Tração/pressão	Flexão	Torção
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	29.7	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	293.3	29.7	676.9
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	498.5	100.9	1150.7
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm ²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.634
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	12.534	0.634
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	21.307	2.156

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

			Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152	
[dB] (mm) = 29.0					
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991	
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355	

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	1.098
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.634

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.278	226.197	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.278	226.197	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		17.942	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1495.2	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		16.920	

Segurança nominal	[Smin]	2.000
Resultado (%)	[S/Smin]	846.0

Seção transversal 'E-E' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	416.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000
Efeito de entalhe		Entalhe circunferencial
[d, r, t] (mm)	57.000 1.000 1.000	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	28.7	0.0	1913.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	48.8	0.0	3253.5
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	1.579	0.000	1.000
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	2.685	0.000	1.700

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.919	2.816
Quebra de tensão relacionada	[G]	2.333	2.333
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		68.538	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		5711.5	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		149.965	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		7498.2	

Seção transversal 'F-F' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	425.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	10.5	0.0	1914.7
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	17.9	0.0	3255.0
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.644	0.000	1.075
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	1.096	0.000	1.827

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337	1.611
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600	1.150
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281	1.187
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824	1.357
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205	1.622

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	113.205	131.549	107.307
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]	204.125		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	170	10.4	

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]	367.481		
Segurança nominal	[Smin]	2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]	183	74.1	

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	4.500
-----------------------------	-----	-------

Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000			
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000			
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000			
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo		
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500		
Rugosidade média (µm)		[Rz]	8.000		
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.0	0.0	0.7
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.1	0.0	1.2
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.003	0.000	0.000
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	0.006	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)					
	[σWK]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[ψσK]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)					
	[σFK]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Seção transversal 'H-H' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	438.500		
Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000		
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500	

Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000		
	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm^2)				
[A, Wb, Wt, A]	2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm^2)				
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_{m} , τ_{qm}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_{a} , τ_{qa}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.001
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_{B})]	1.000		
	[K1(σ_{S})]	1.000		
	Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:				
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[σ_{mV}]	0.000		
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[τ_{mV}]	0.000		
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm^2)				
	[σ_{WK}]	106.335	122.915	103.696
Fator de influência sens. média tensão.				
	[$\psi\sigma_{\text{K}}$]	0.101	0.119	0.098
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ADK}]	106.335	122.915	103.696
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ANK}]	106.335	122.915	103.696
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm^2)				
	[σ_{FK}]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		9999.990	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
 - Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.
- Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

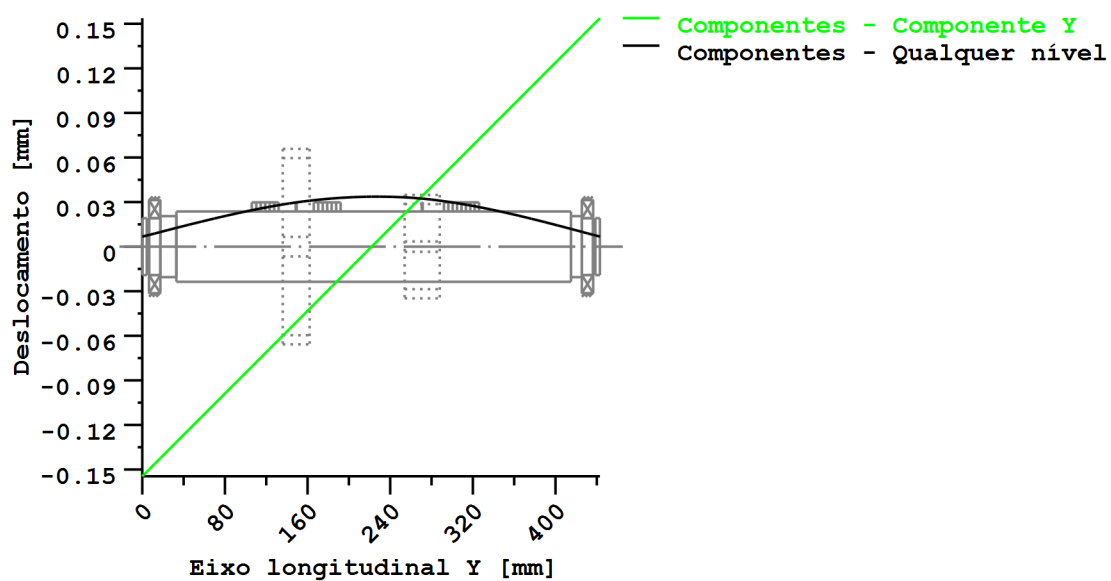


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 327.6240733 121)

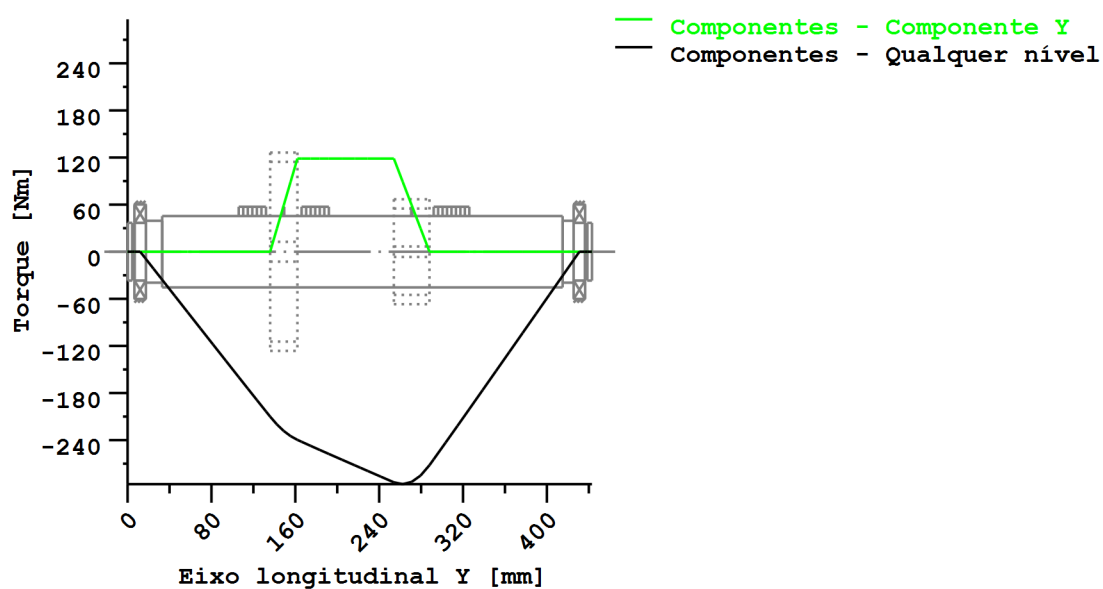


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 153.5147246 121)

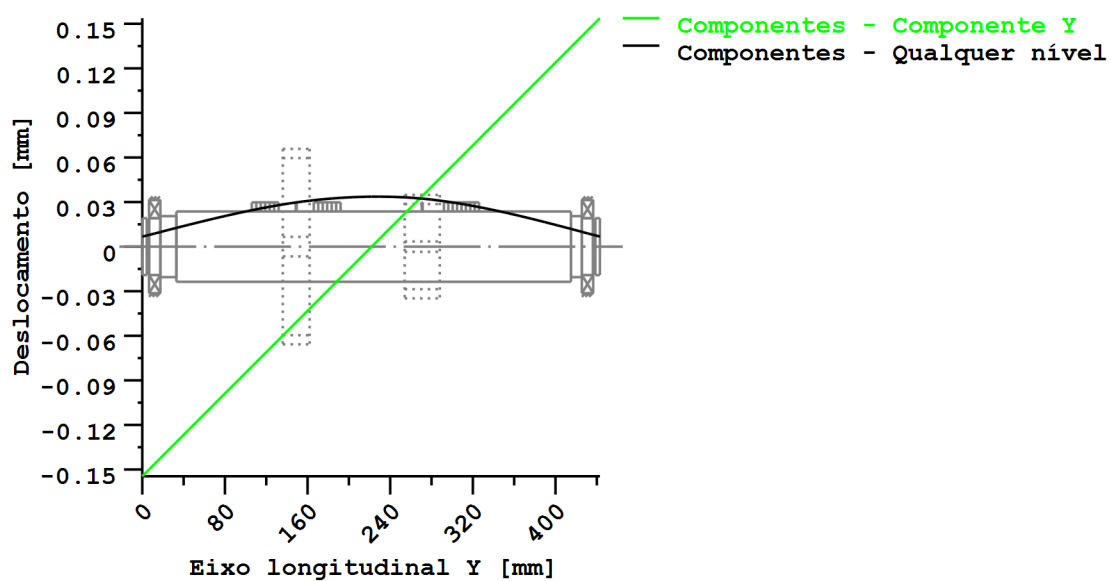


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 327.6240733 121)

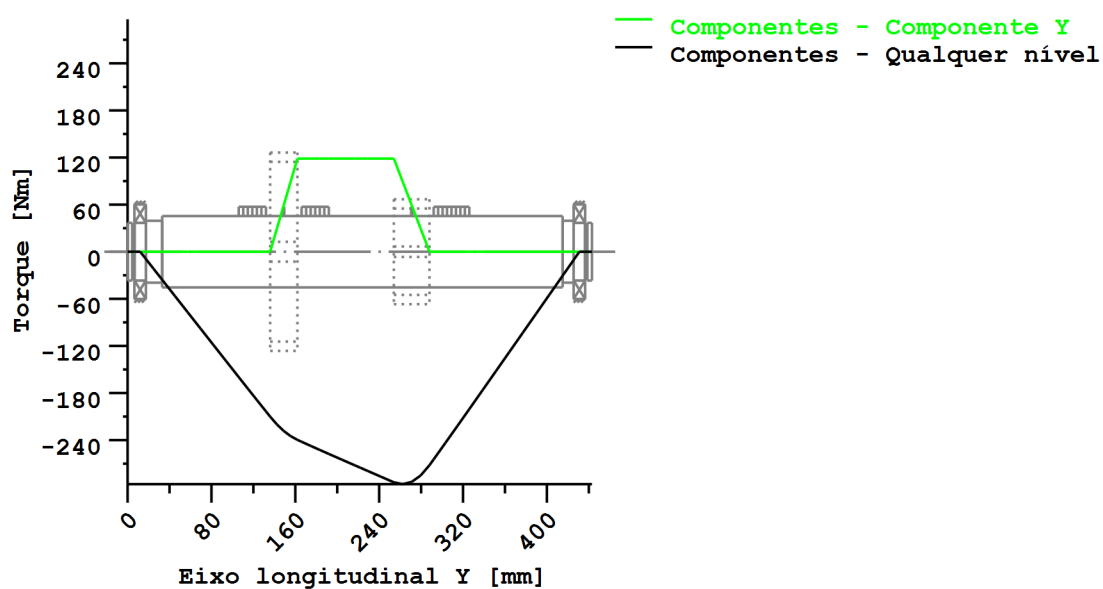


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 153.5147246 121)

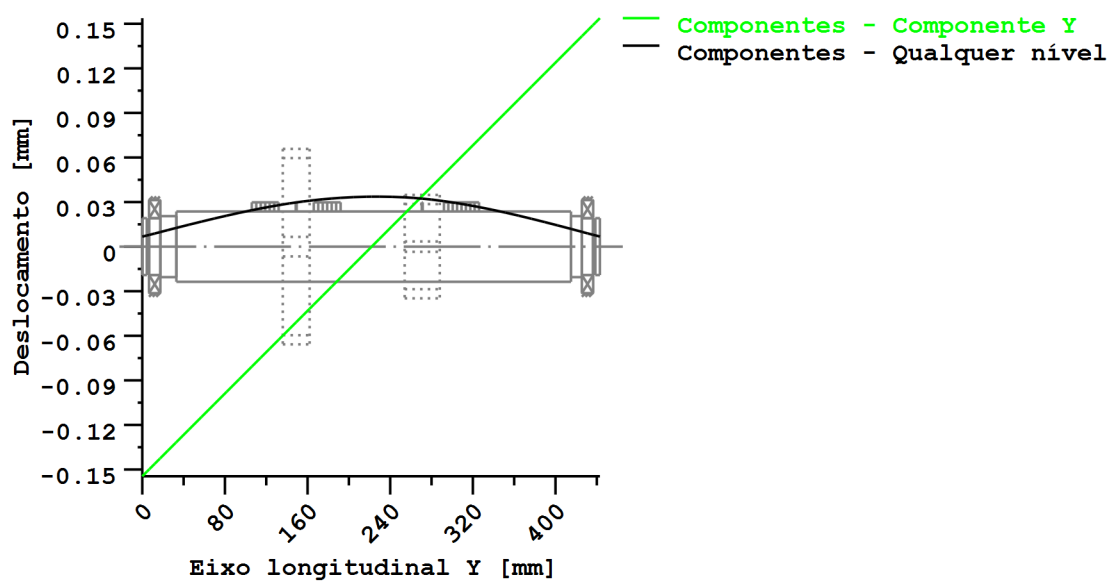


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 327.6240733 121)

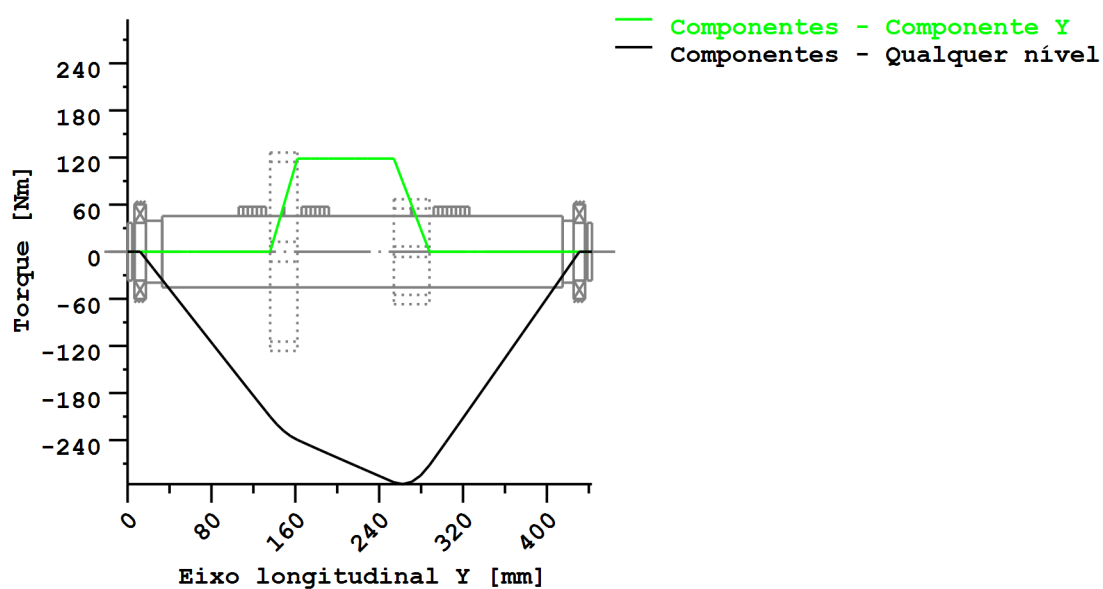


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 153.5147246 121)

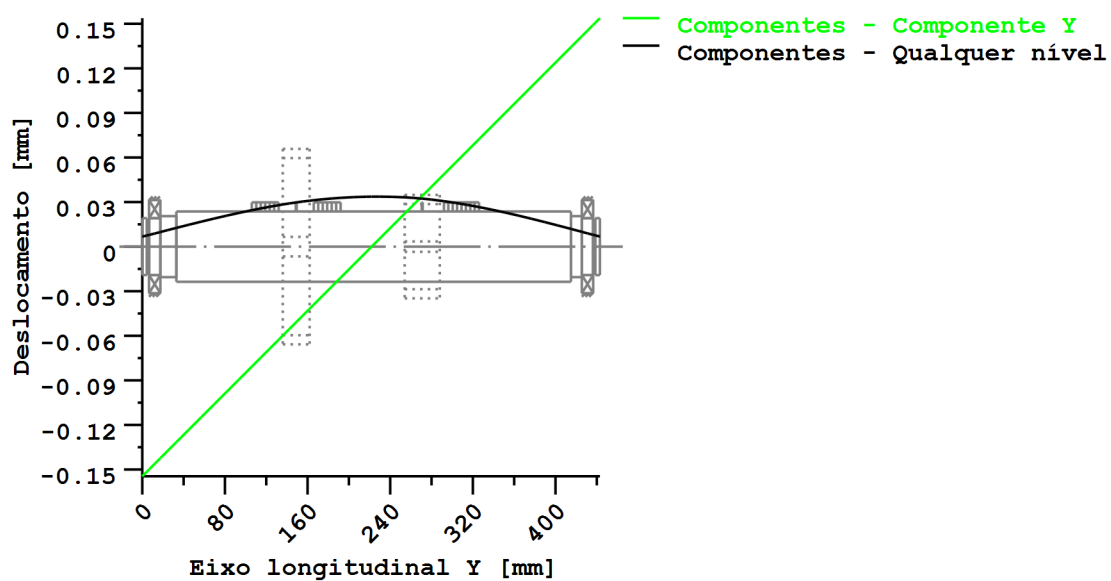


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 327.6240733 121)

Nome : veio 2. z4.z7

Modificado por: up201405960

Data: 21.05.2019

Hora: 18:11:38

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	veio 2
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	443.000
Velocidade (1/min)	1214.48
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material (Entrada própria)	F-10
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	200000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.600
Temperatura (°C)	80.000
Peso do eixo (kg)	12.062
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	17.287
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.027
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	1.048
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens consideradas como massas	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

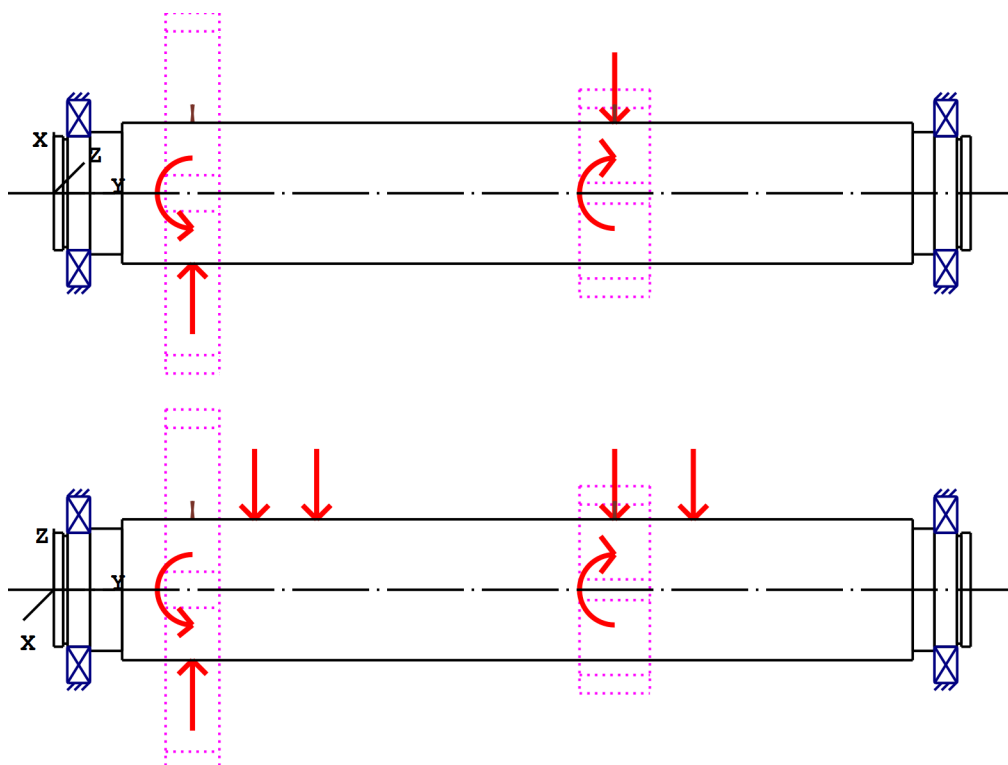


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (veio 2)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro)			0.000mm ...	4.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro esquerda (Chanfro esquerda)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Cilindro (Cilindro)			4.500mm ...	6.650mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio direita (Raio direita)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro)			6.650mm ...	17.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio direita (Raio direita)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			17.500mm ...	33.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	15.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			33.000mm ...	415.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	68.0000		
Comprimento (mm)	[l]	382.0000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Eixo estriado (Eixo estriado)

-158.000mm ... 224.000mm

$da=68.00$ (mm), $df=62.00$ (mm), $z=8$, Form=B, $l=382.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			415.000mm ...	425.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			425.500mm ...	436.350mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			436.350mm ...	438.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			438.500mm ...	443.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro direita (Chanfro direita)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Forças

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	Cylindrical gear
Posição no eixo (mm) [local]	67.0000
Posição no sistema global (mm) [global]	67.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	174.0000
Dente reto	
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)	184.4100
Comprimento da aplicação da força (mm)	26.0000
Potência (kW)	11.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)	86.4913
Força axial (N)	-0.0000
Força transversal X (N)	284.3275
Força transversal Z (N)	1019.0331
Momento fletor X (Nm)	-0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	Cylindrical gear
Posição no eixo (mm) [local]	271.0000
Posição no sistema global (mm) [global]	271.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	100.0000
Dente reto	
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)	99.0950
Comprimento da aplicação da força (mm)	34.0000
Potência (kW)	11.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)	-86.4913
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	-1608.5558
Força transversal Z (N)	-895.1268
Momento fletor X (Nm)	-0.0000
Momento fletor Z (Nm)	-0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	z2
Posição no eixo (mm) [local]	97.0000
Posição no sistema global (mm) [global]	97.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	26.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	-54.3770
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z6
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	127.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	127.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-37.3660
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z9
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	309.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	309.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-78.2640
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		A
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	12.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	12.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		B
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	431.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	431.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000

Força de reação do mancal	[Fx]	0.367	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	-0.352	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.509	kN (-43.79°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.036	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.002	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.038	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	4.845	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-6.239	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-146.199	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	6.487	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (133.89°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.050	mrad (-0.17')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.068	mrad (0.24')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.084	mrad (0.29')

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'B'

Posição (coordenada Y)	[y]	431.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	1.11	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.11	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	83330.41	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	12.58	
Força de reação do mancal	[Fx]	0.957	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.568	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.113	kN (30.68°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.054	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.009	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.063	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	8.070	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-7.698	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	145.425	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-4.663	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-148.79°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.015	mrad (0.05')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.109	mrad (-0.38')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.077	mrad (-0.27')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.079	mrad (0.27')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	2.29	24.00

Σ	2.29	24.00
---	------	-------

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2
28.41	62.15

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: A

B2: B

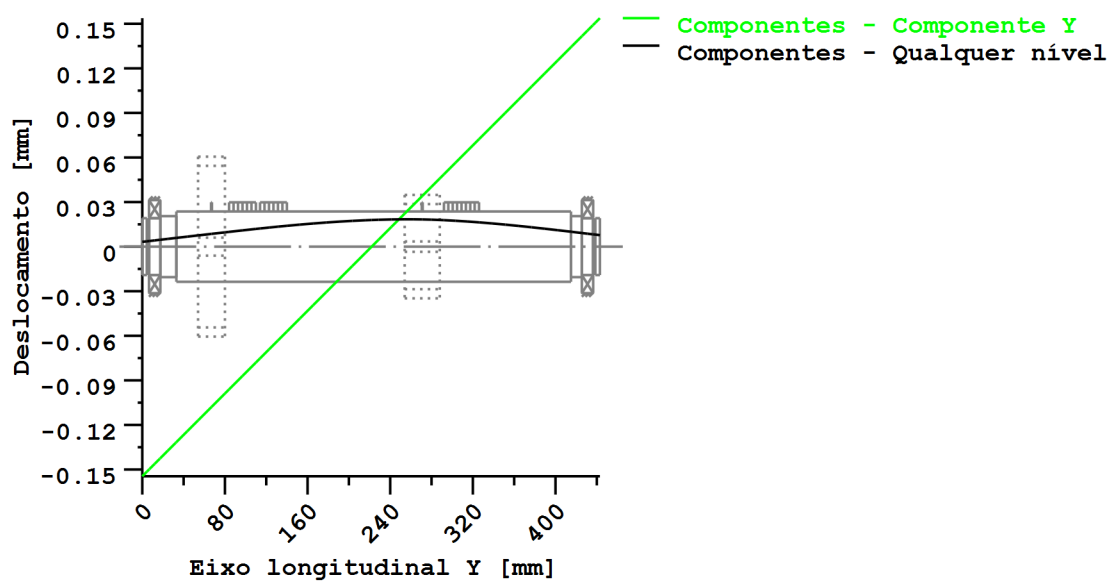
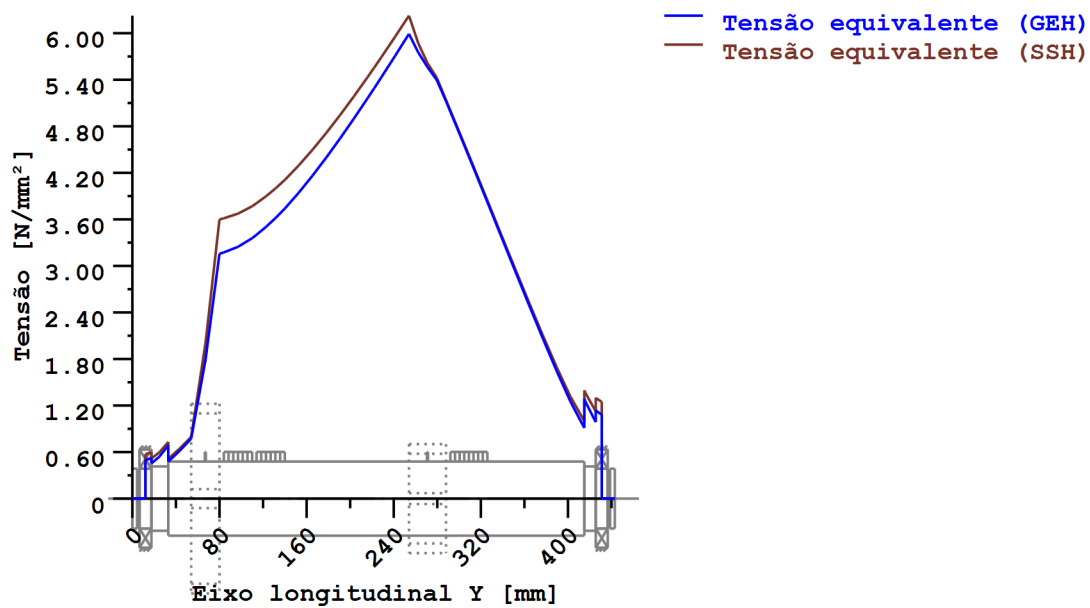


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 196.1749215 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

**Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012
com fadiga a baixo número de ciclos análoga à diretriz FKM e ao projeto FVA**

Resumo

veio 2

Material	F-10
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da fadiga a baixo número de ciclos e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	17.50	Ressalto do eixo
B-B	32.00	Entalhe circunferencial
C-C	67.00	Eixo estriado
D-D	271.00	Eixo estriado
E-E	416.00	Entalhe circunferencial
F-F	425.50	Ressalto do eixo
G-G	4.50	Ressalto do eixo
H-H	438.50	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfs	K2d	SD	SS
A-A	1.82	0.91	0.87	763.02	1373.65
B-B	2.22	0.91	0.86	192.18	420.49
C-C	1.07	1.00	0.85	137.34	109.35
D-D	1.07	1.00	0.85	31.23	29.45
E-E	2.22	0.91	0.86	118.14	258.50
F-F	1.82	0.91	0.87	351.90	633.52
G-G	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99
H-H	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99

Seguranças nominais: 1.20 2.00

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfs: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Vida útil e dano

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] 1000000.00

Dano do sistema (%) [D] 0.00

Dano (%) [H] (20000.0 h)

Cálculo da confiabilidade R(t) com distribuição Weibull; t em (h):

$$R(t) = 100 * \exp(-((t^{*fac} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$$

Welle	fac	b	t0	T
1	72869	1.5	6.645e+010	1.409e+011

Dano da seção transversal (%)

[D]

A-A:	0.00
B-B:	0.00
C-C:	0.00
D-D:	0.00
E-E:	0.00
F-F:	0.00
G-G:	0.00
H-H:	0.00

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal

Estática

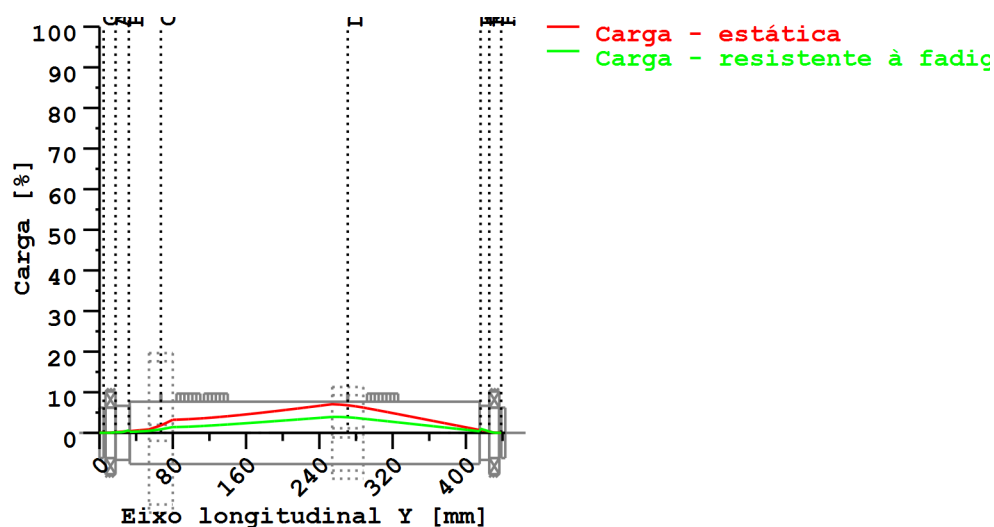
Resistente à fadiga

A-A	0.146	0.157
B-B	0.476	0.624
C-C	1.829	0.874
D-D	6.791	3.842
E-E	0.774	1.016
F-F	0.316	0.341
G-G	0.010	0.010
H-H	0.010	0.010

Utilização máxima (%)

[A]

6.791



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação veio 2
Desenho
Comprimento (mm) [l] 443.00
Velocidade (1/min) [n] 1214.48

Material F-10
Tipo de material Aço beneficiado
Tratamento do material sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm) [dB] 70.00

σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σB] 580.00

σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σS] 305.00

[σdW] (bei dB) (N/mm²) 232.00

[σbW] (bei dB) (N/mm²) 290.00

[τtW] (bei dB) (N/mm²) 174.00

Espessura matéria-prima (mm) [dWerkst] 70.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3

Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro de eixo D

de forma escalonada, sendo o fator dimensional K1d calculado com o diâmetro do eixo d

Valores de resistência de material determinados a partir do diâmetro do eixo

(Requisito: melhoramento do eixo torneado)

Indicação: Os seguintes valores de materiais são válidos só exatamente para a primeira seção transversal; os outros são determinados de acordo com o

respetivo "Diâmetro para fator dimensional".

[σBeff] (N/mm²)	580.00
[σSeff] (N/mm²)	305.00
[σbF] (N/mm²)	366.00
[τtF] (N/mm²)	211.31
[σBRand] (N/mm²)	628.00

[σzdW] (N/mm²)	232.00
[σbW] (N/mm²)	290.00
[τtW] (N/mm²)	174.00

Fadiga a baixo número de ciclos para solicitação de nível único

Vida útil nominal	[H]	20000.00
Número de ciclos de carga (Mio)	[NL]	1457.380

Dados da linha "Wöhler" semelhantes aos da diretiva FKM:

[kσ, kτ]	5	8
[kDσ, kDτ]	0	0
[NDσ, NDτ]	1e+006	1e+006
[NDσll, NDτll]	0	0

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	17.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

Carga: (N) (Nm)	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	2.8	0.0	510.9
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	4.8	0.0	868.6
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.172	0.000	0.287
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.293	0.000	0.487

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

Fator de influência sens. média tensão.	[σWK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000

Segurança contra fadiga	[S]	763.020		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	63585.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		1373.645	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		68682.3	

Seção transversal 'B-B' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	32.000		
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000		
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)		57.000	1.000	1.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	10.2	0.0	513.0
Valor máximo	[Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	17.4	0.0	872.2
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm ²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)	0.000	0.563	0.000	0.268
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)	0.000	0.957	0.000	0.456

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		192.177	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		16014.7	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		420.494	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		21024.7	

Seção transversal 'C-C' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]		67.000	
Diâmetro externo (mm)	[da]		68.000	
Diâmetro interno (mm)	[di]		0.000	
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]		68.000	
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	21.6	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	26.8	21.6	528.7
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	45.6	73.5	898.8
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.462	0.000
[σzda, oba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	1.146	0.462	0.234
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	1.949	1.571	0.397

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	1.000
[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.800
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.462

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.381	196.919	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.381	196.919	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		137.343	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		11445.2	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.000	1.000	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		109.353	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		5467.7	

Seção transversal 'D-D' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			271.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	21.6	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	166.9	21.6	153.4
Valor máximo	[Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	283.7	73.5	260.8
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.462	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	7.132	0.462	0.068
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	12.125	1.571	0.115

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.800
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.462

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.381	224.850	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.381	224.850	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		31.230	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		2602.5	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		29.453	

Segurança nominal	[Smin]	2.000
Resultado (%)	[S/Smin]	1472.6

Seção transversal 'E-E' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	416.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000
Efeito de entalhe		Entalhe circunferencial
[d, r, t] (mm)	57.000 1.000 1.000	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	16.7	0.0	1110.1
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	28.3	0.0	1887.2
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.916	0.000	0.580
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.557	0.000	0.986

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.919	2.816
Quebra de tensão relacionada	[G]	2.333	2.333
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		118.142	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		9845.2	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		258.502	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		12925.1	

Seção transversal 'F-F' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	425.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	6.1	0.0	1111.1
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	10.4	0.0	1888.9
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.374	0.000	0.624
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.635	0.000	1.060

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337	1.611
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600	1.150
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281	1.187
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824	1.357
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205	1.622

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	113.205	131.549	107.307
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		351.902	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		29325.2	

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		633.521	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		31676.1	

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	4.500
-----------------------------	-----	-------

Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000			
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000			
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000			
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo		
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500		
Rugosidade média (µm)		[Rz]	8.000		
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.001
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)					
	[σWK]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[ψσK]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)					
	[σFK]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Seção transversal 'H-H' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	438.500		
Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000		
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500	

Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000		
	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm^2)				
[A, Wb, Wt, A]	2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm^2)				
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_{m} , τ_{qm}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_{a} , τ_{qa}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.001
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_{B})]	1.000		
	[K1(σ_{S})]	1.000		
	Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:				
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[σ_{mV}]	0.000		
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[τ_{mV}]	0.000		
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm^2)				
	[σ_{WK}]	106.335	122.915	103.696
Fator de influência sens. média tensão.				
	[$\psi\sigma_{\text{K}}$]	0.101	0.119	0.098
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ADK}]	106.335	122.915	103.696
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ANK}]	106.335	122.915	103.696
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm^2)				
	[σ_{FK}]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		9999.990	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
 - Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.
- Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

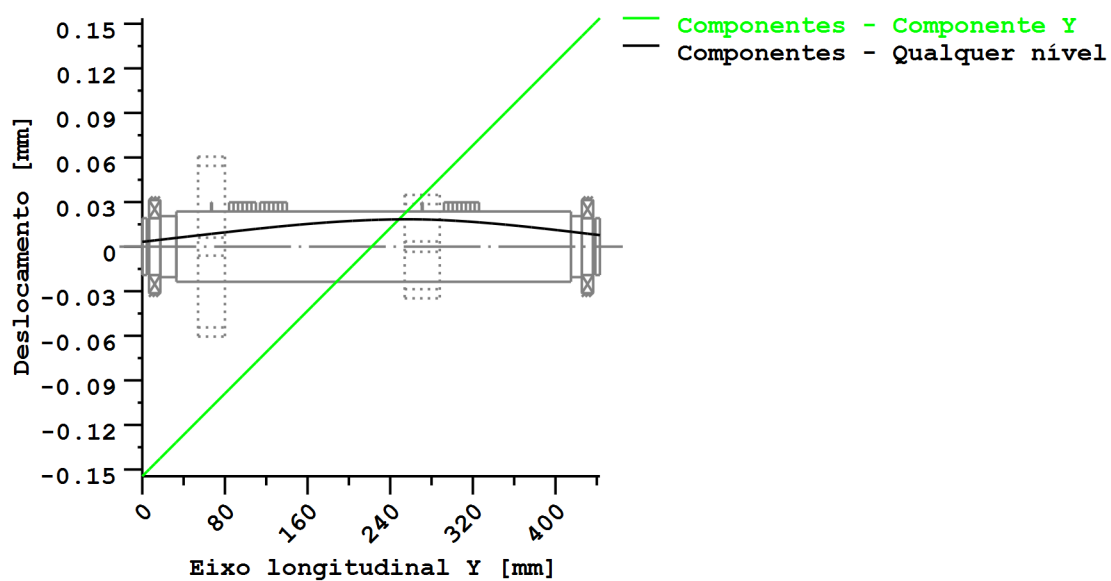


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 196.1749215 121)

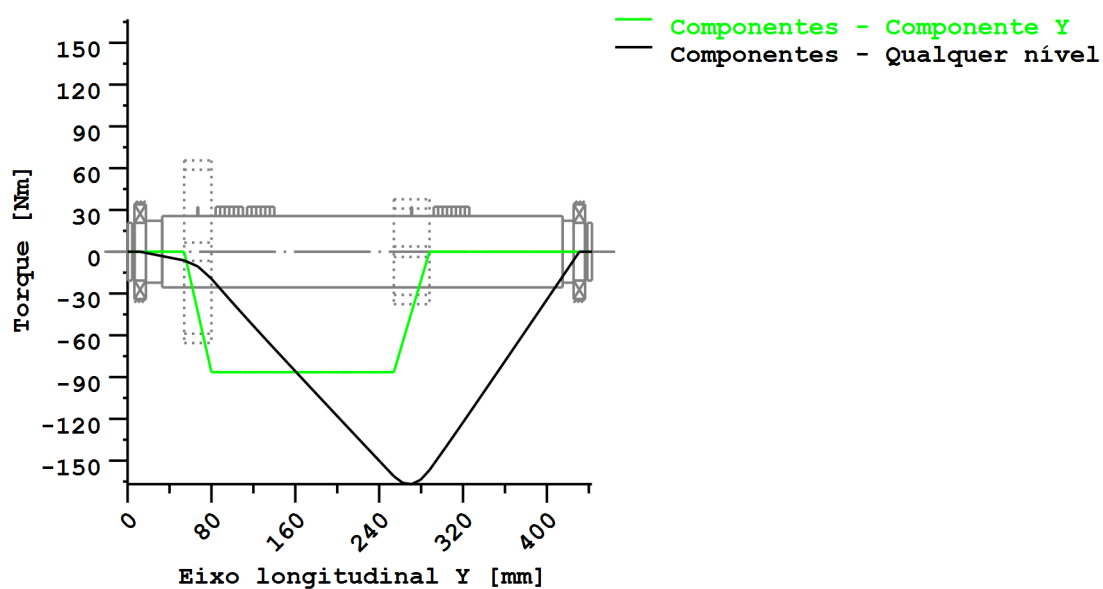


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 28.77067675 121)

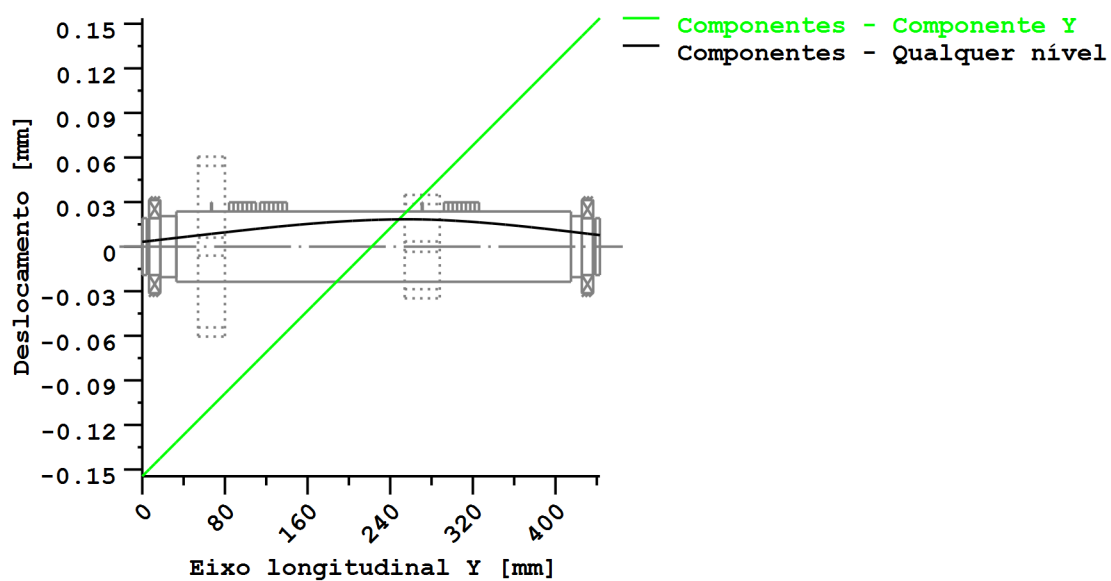


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 196.1749215 121)

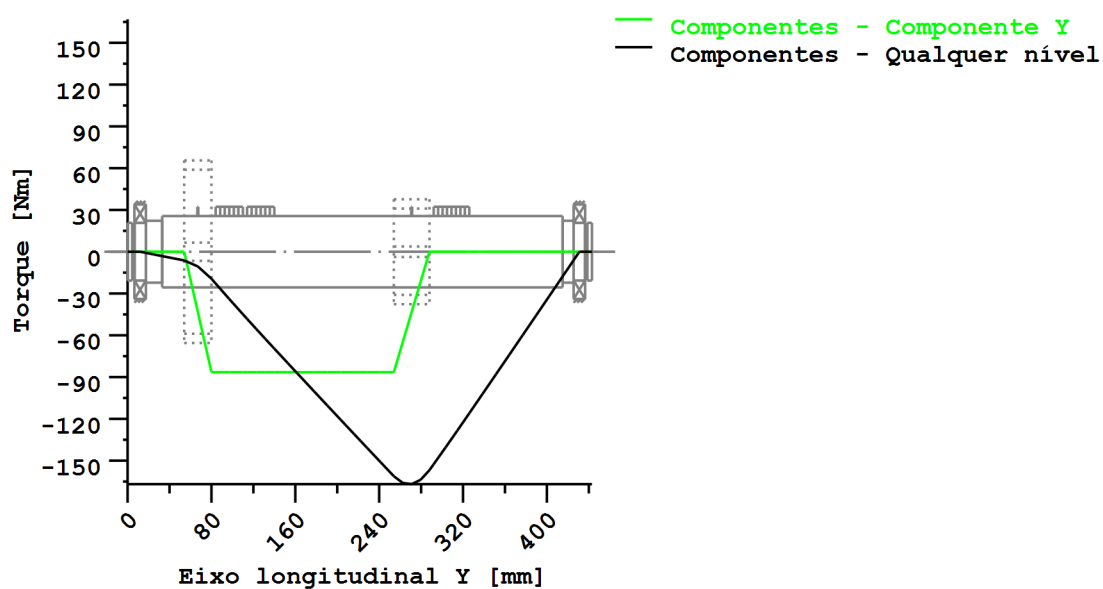


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 28.77067675 121)

Nome : veio 2. z4.z7 anti

Modificado por: up201405960

Data: 21.05.2019

Hora: 18:06:54

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	veio 2
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	443.000
Velocidade (1/min)	1214.48
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material (Entrada própria)	F-10
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	200000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.600
Temperatura (°C)	80.000
Peso do eixo (kg)	12.062
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	17.287
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.027
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	1.048
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens consideradas como massas	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

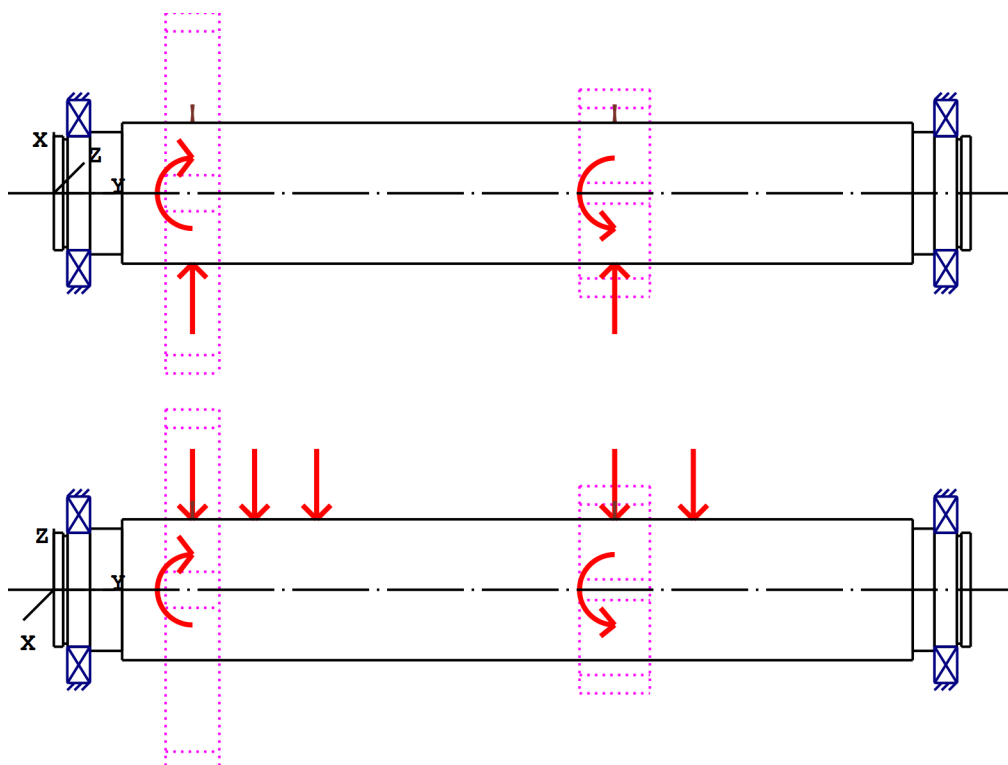


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (veio 2)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro)			0.000mm ...	4.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro esquerda (Chanfro esquerda)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Cilindro (Cilindro)			4.500mm ...	6.650mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio direita (Raio direita)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro)			6.650mm ...	17.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio direita (Raio direita)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			17.500mm ...	33.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	15.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			33.000mm ...	415.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	68.0000		
Comprimento (mm)	[l]	382.0000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Eixo estriado (Eixo estriado)

-158.000mm ... 224.000mm

$da=68.00$ (mm), $df=62.00$ (mm), $z=8$, Form=B, $l=382.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			415.000mm ...	425.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			425.500mm ...	436.350mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			436.350mm ...	438.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			438.500mm ...	443.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro direita (Chanfro direita)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Forças

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	67.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	67.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		174.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		184.4100
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		11.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)		-86.4913
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		437.2144
Força transversal Z (N)		-963.3868
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		-0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	271.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	271.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		100.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		99.0950
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		11.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)		86.4913
Força axial (N)		-0.0000
Força transversal X (N)		1807.6017
Força transversal Z (N)		-348.2528
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z2
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	97.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	97.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-54.3770
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z6
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	127.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	127.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-37.3660
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z9
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	309.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	309.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-78.2640
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		A
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	12.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	12.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		B
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	431.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	431.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000

Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _{ul}]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 67.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
 m (yS= 67.0000 (mm)): 4.1015 (kg)
 Jp: 0.0179 (kg*m²), Jxx: 0.0092 (kg*m²), Jzz: 0.0092 (kg*m²)

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 271.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
 m (yS= 271.0000 (mm)): 1.1241 (kg)
 Jp: 0.0021 (kg*m²), Jxx: 0.0011 (kg*m²), Jzz: 0.0011 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	24.379
Posição do máximo (mm)	228.667
Centro de massa (mm)	222.057
Soma da carga axial (N)	0.000
Torção sob torque (°)	0.006

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 320		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'A'

Posição (coordenada Y)	[y]	12.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	1.58	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.58	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	29163.53	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	8.87	

Força de reação do mancal	[Fx]	-1.070	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	1.161	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.579	kN (132.66°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.066	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.016	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.082	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	10.423	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	5.874	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-146.199	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-6.819	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-49.26°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.051	mrad (-0.17')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.101	mrad (-0.35')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.113	mrad (0.39')

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'B'

Posição (coordenada Y)	[y]	431.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	1.27	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.27	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	55713.10	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	11.00	
Força de reação do mancal	[Fx]	-1.174	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.490	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.273	kN (157.36°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.058	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.011	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.070	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	8.879	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	8.157	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	145.425	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-3.802	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-24.99°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.055	mrad (0.19')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.109	mrad (0.38')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.099	mrad (0.34')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.113	mrad (0.39')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	68.58	35.90

Σ	68.58	35.90
---	-------	-------

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2
88.19	71.07

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: A

B2: B

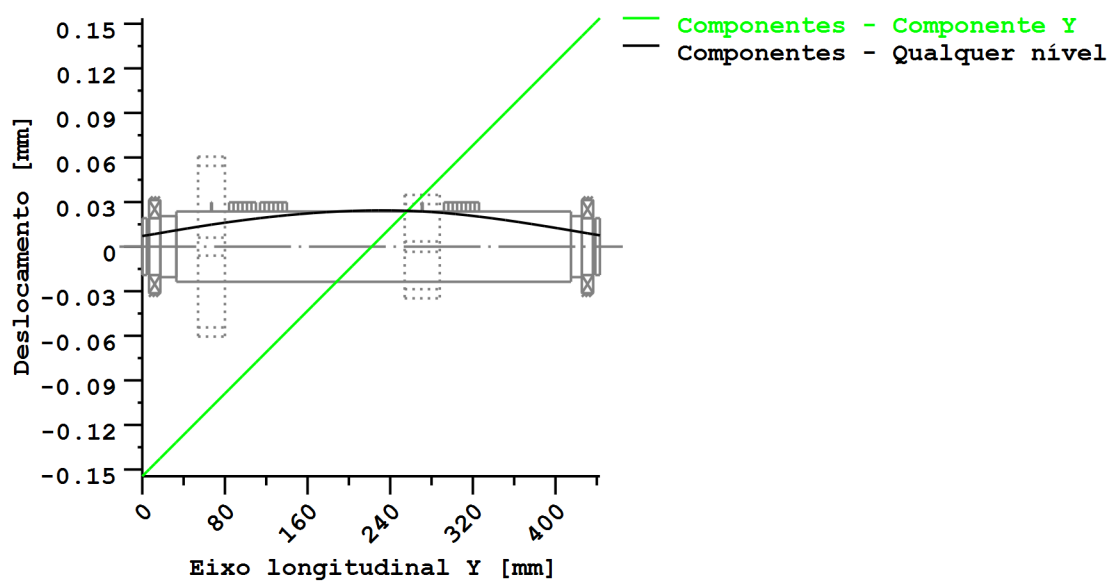
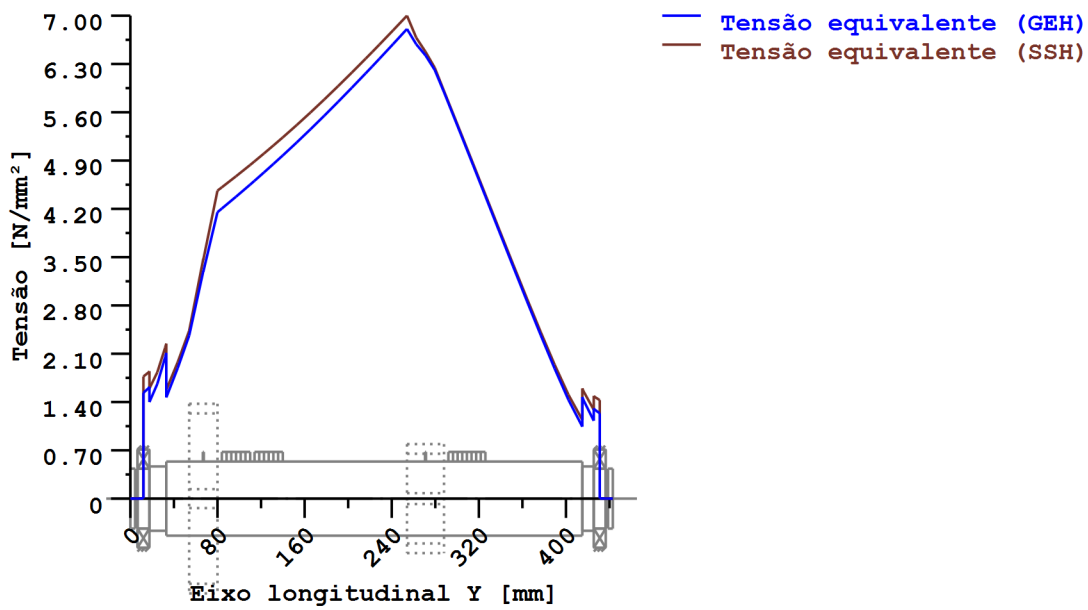


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 330.0509075 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012
com fadiga a baixo número de ciclos análoga à diretriz FKM e ao projeto FVA

Resumo

veio 2

Material	F-10
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da fadiga a baixo número de ciclos e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	17.50	Ressalto do eixo
B-B	32.00	Entalhe circunferencial
C-C	67.00	Eixo estriado
D-D	271.00	Eixo estriado
E-E	416.00	Entalhe circunferencial
F-F	425.50	Ressalto do eixo
G-G	4.50	Ressalto do eixo
H-H	438.50	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfs	K2d	SD	SS
A-A	1.82	0.91	0.87	248.04	446.53
B-B	2.22	0.91	0.86	62.46	136.66
C-C	1.07	1.00	0.85	59.41	55.19
D-D	1.07	1.00	0.85	27.11	25.57
E-E	2.22	0.91	0.86	103.23	225.88
F-F	1.82	0.91	0.87	307.47	553.53
G-G	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99
H-H	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99

Seguranças nominais: 1.20 2.00

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfs: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Vida útil e dano

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] 1000000.00

Dano do sistema (%) [D] 0.00

Dano (%) [H] (20000.0 h)

Cálculo da confiabilidade R(t) com distribuição Weibull; t em (h):

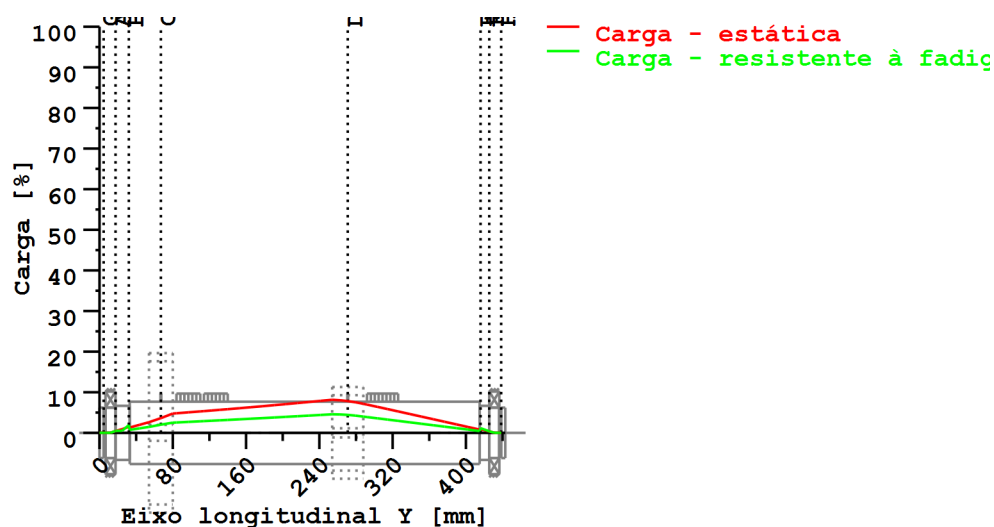
$$R(t) = 100 * \text{Exp}(-((t^{\text{fac}} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$$

Welle	fac	b	t0	T
1	72869	1.5	6.645e+010	1.409e+011

Dano da seção transversal (%)	[D]
A-A:	0.00
B-B:	0.00
C-C:	0.00
D-D:	0.00
E-E:	0.00
F-F:	0.00
G-G:	0.00
H-H:	0.00

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal	Estática	Resistente à fadiga
A-A	0.448	0.484
B-B	1.464	1.921
C-C	3.624	2.020
D-D	7.822	4.426
E-E	0.885	1.162
F-F	0.361	0.390
G-G	0.010	0.010
H-H	0.010	0.010
Utilização máxima (%)	[A]	7.822



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação veio 2
Desenho
Comprimento (mm) [l] 443.00
Velocidade (1/min) [n] 1214.48

Material F-10
Tipo de material Aço beneficiado
Tratamento do material sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm) [dB] 70.00

σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σB] 580.00

σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σS] 305.00

[σdW] (bei dB) (N/mm²) 232.00

[σbW] (bei dB) (N/mm²) 290.00

[τtW] (bei dB) (N/mm²) 174.00

Espessura matéria-prima (mm) [dWerkst] 70.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3

Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro de eixo D de forma escalonada, sendo o fator dimensional K1d calculado com o diâmetro do eixo d

Valores de resistência de material determinados a partir do diâmetro do eixo (Requisito: melhoramento do eixo torneado)

Indicação: Os seguintes valores de materiais são válidos só exatamente para a primeira seção transversal; os outros são determinados de acordo com o

respetivo "Diâmetro para fator dimensional".

[σBeff] (N/mm²)	580.00
[σSeff] (N/mm²)	305.00
[σbF] (N/mm²)	366.00
[τtF] (N/mm²)	211.31
[σBRand] (N/mm²)	628.00

[σzdW] (N/mm²)	232.00
[σbW] (N/mm²)	290.00
[τtW] (N/mm²)	174.00

Fadiga a baixo número de ciclos para solicitação de nível único

Vida útil nominal	[H]	20000.00
Número de ciclos de carga (Mio)	[NL]	1457.380

Dados da linha "Wöhler" semelhantes aos da diretiva FKM:

[kσ, kτ]	5	8
[kDσ, kDτ]	0	0
[NDσ, NDτ]	1e+006	1e+006
[NDσII, NDτII]	0	0

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	17.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (μm)		[Rz] 8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	8.7	0.0	1576.6
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	14.7	0.0	2680.3
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.530	0.000	0.885
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.902	0.000	1.504

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

Fator de influência sens. média tensão.	[σWK]	113.205	131.549	107.307
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000

Segurança contra fadiga	[S]	248.037		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	20669.8		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		446.535	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		22326.7	

Seção transversal 'B-B' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	32.000		
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000		
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)		57.000	1.000	1.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]			8.000

Carga: (N) (Nm)		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	31.5	0.0	1574.4
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	53.6	0.0	2676.5
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	1.733	0.000	0.823
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	2.946	0.000	1.399

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		62.456	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		5204.6	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		136.657	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		6832.8	

Seção transversal 'C-C' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			67.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	21.6	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	83.2	21.6	1079.4
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	141.5	73.5	1835.0
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.462	0.000
[σzda, oba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	3.557	0.462	0.477
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	6.047	1.571	0.810

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	1.000
[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.800
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.462

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.381	218.876	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.381	218.876	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		59.414	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		4951.2	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.000	1.000	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		55.191	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		2759.6	

Seção transversal 'D-D' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			271.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	21.6	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	193.4	21.6	325.6
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	328.8	73.5	553.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.462	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	8.266	0.462	0.144
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	14.053	1.571	0.244

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.800
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.462

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.381	225.691	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.381	225.691	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		27.110	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		2259.2	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		25.570	

Segurança nominal	[Smin]	2.000
Resultado (%)	[S/Smin]	1278.5

Seção transversal 'E-E' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	416.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000
Efeito de entalhe	Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)	57.000 1.000 1.000	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	19.1	0.0	1270.5
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	32.4	0.0	2159.9
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	1.048	0.000	0.664
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.782	0.000	1.129

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.919	2.816
Quebra de tensão relacionada	[G]	2.333	2.333
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		103.233	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		8602.8	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		225.881	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		11294.0	

Seção transversal 'F-F' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	425.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	7.0	0.0	1271.3
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	11.9	0.0	2161.2
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.428	0.000	0.713
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	0.727	0.000	1.213

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337	1.611
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600	1.150
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281	1.187
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824	1.357
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205	1.622

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)			
	[σWK]	113.205	131.549 107.307
Fator de influência sens. média tensão.			
	[ψσK]	0.108	0.128 0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549 107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549 107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300 0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000 1.000
Segurança contra fadiga	[S]		307.469
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200
Resultado (%)	[S/Smin]		25622.4

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:			
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200 1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100 1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)			
	[σFK]	335.500	402.600 211.310
Segurança limite elástico	[S]		553.529
Segurança nominal	[Smin]		2.000
Resultado (%)	[S/Smin]		27676.5

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	4.500
-----------------------------	-----	-------

Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000			
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000			
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000			
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo		
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500		
Rugosidade média (µm)		[Rz]	8.000		
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.001
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)					
	[σWK]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[ψσK]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)					
	[σFK]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Seção transversal 'H-H' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	438.500		
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000		
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500	

Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000		
	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm^2)				
[A, Wb, Wt, A]	2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm^2)				
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_{m} , τ_{qm}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_{a} , τ_{qa}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.001
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_{B})]	1.000		
	[K1(σ_{S})]	1.000		
	Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:				
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[σ_{mV}]	0.000		
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[τ_{mV}]	0.000		
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm^2)				
	[σ_{WK}]	106.335	122.915	103.696
Fator de influência sens. média tensão.				
	[$\psi\sigma_{\text{K}}$]	0.101	0.119	0.098
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ADK}]	106.335	122.915	103.696
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ANK}]	106.335	122.915	103.696
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm^2)				
	[σ_{FK}]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		9999.990	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
 - Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.
- Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

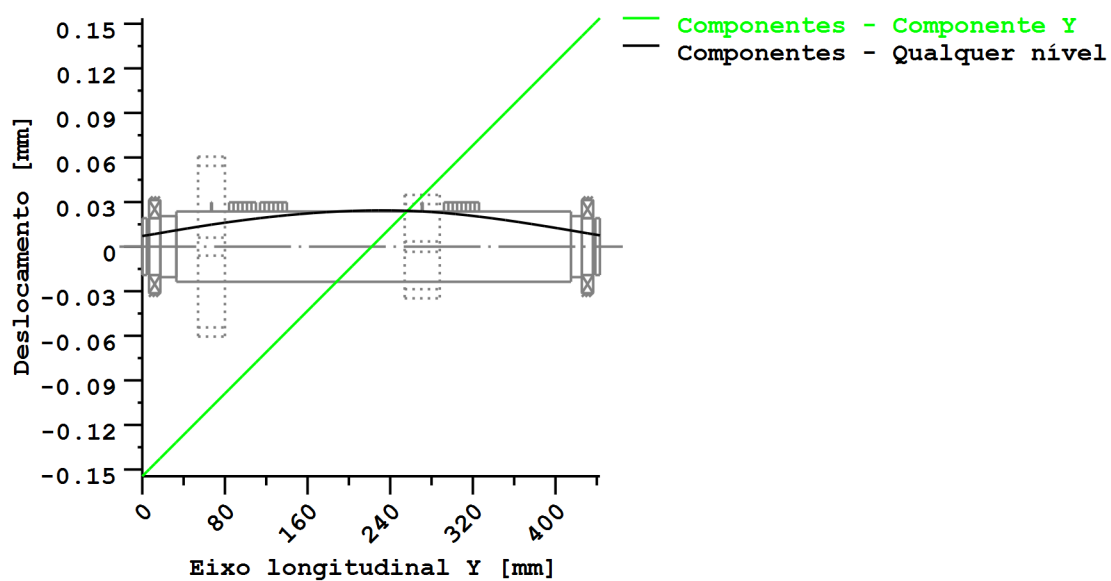


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 330.0509075 121)

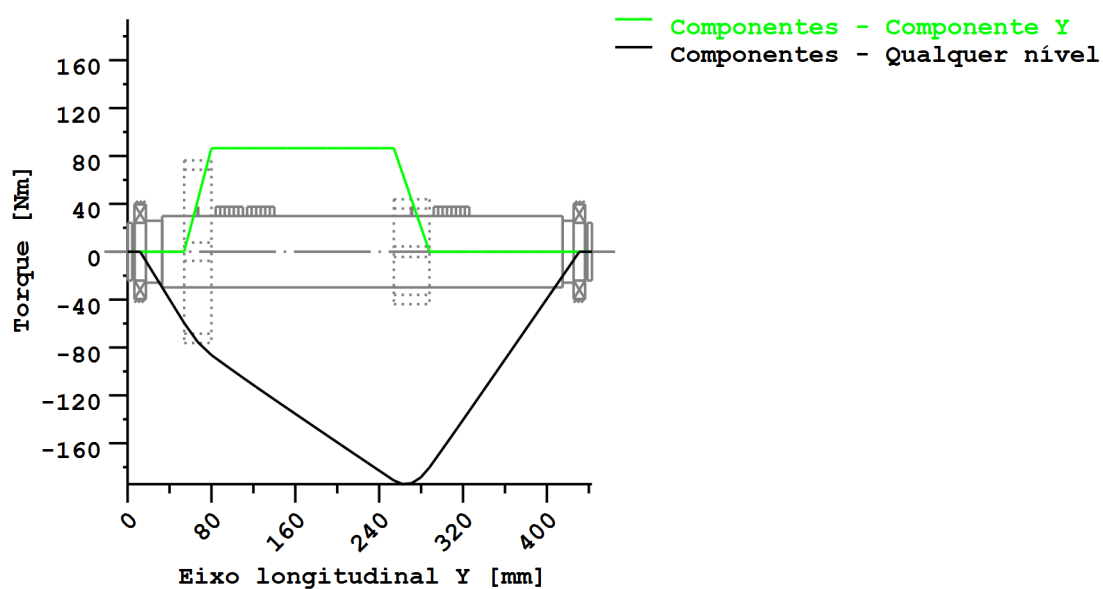


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 158.4445605 121)

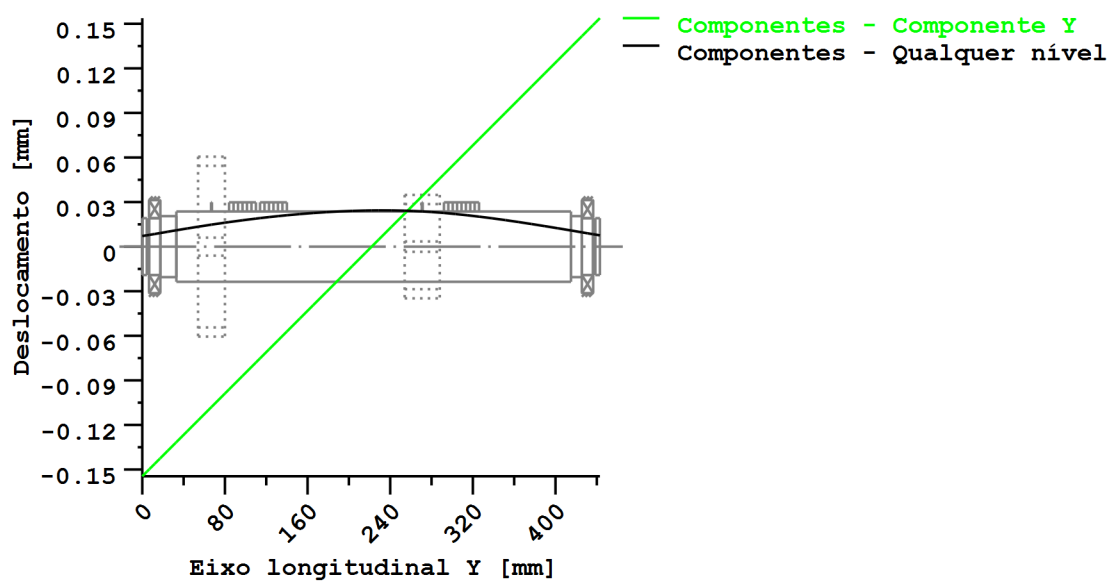


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 330.0509075 121)

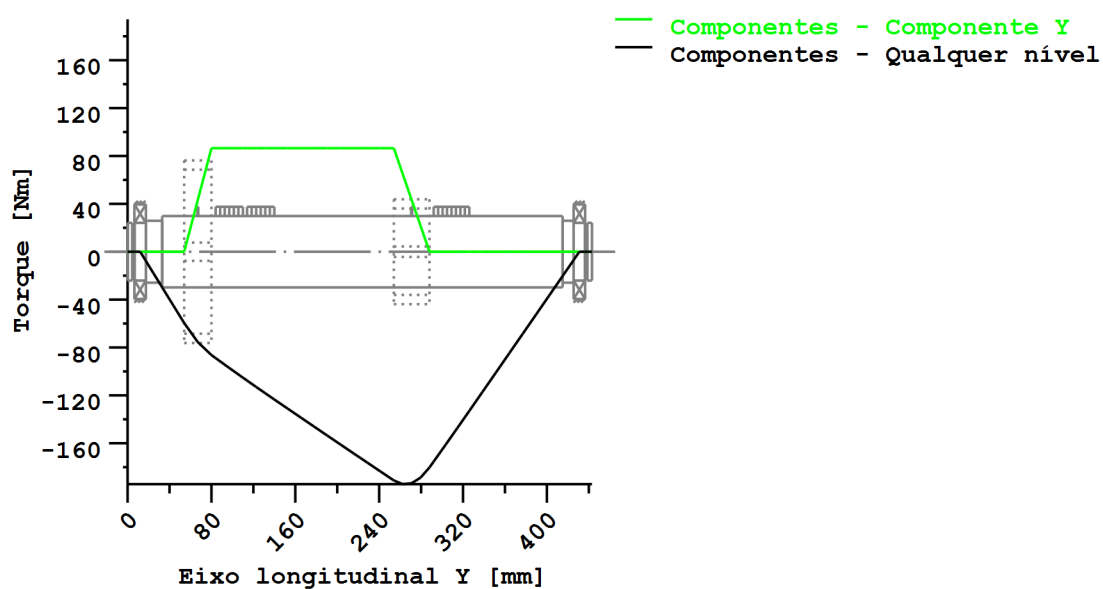


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 158.4445605 121)

Nome : veio 2. z6.z7

Modificado por: up201405960

Data: 21.05.2019

Hora: 18:25:06

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	veio 2
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	443.000
Velocidade (1/min)	1693.27
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material (Entrada própria)	F-10
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	200000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.600
Temperatura (°C)	80.000
Peso do eixo (kg)	12.062
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	16.338
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.020
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	0.794
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens consideradas como massas	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

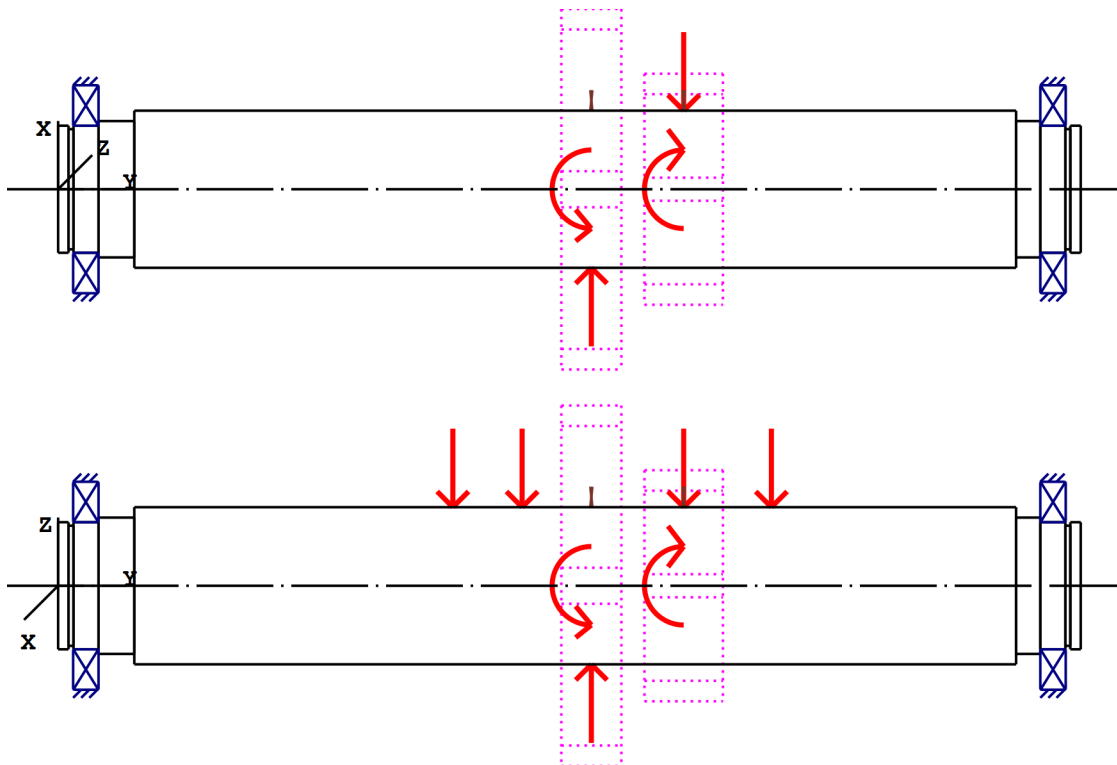


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (veio 2)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro)			0.000mm ...	4.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro esquerda (Chanfro esquerda)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Cilindro (Cilindro)			4.500mm ...	6.650mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio direita (Raio direita)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro)			6.650mm ...	17.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio direita (Raio direita)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			17.500mm ...	33.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	15.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			33.000mm ...	415.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	68.0000		
Comprimento (mm)	[l]	382.0000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Eixo estriado (Eixo estriado)

-158.000mm ... 224.000mm

$da=68.00$ (mm), $df=62.00$ (mm), $z=8$, Form=B, $l=382.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			415.000mm ...	425.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			425.500mm ...	436.350mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			436.350mm ...	438.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			438.500mm ...	443.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro direita (Chanfro direita)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Forças

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	231.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	231.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		156.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		184.4100
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		11.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)		62.0352
Força axial (N)		-0.0000
Força transversal X (N)		227.4620
Força transversal Z (N)		815.2268
Momento fletor X (Nm)		-0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	271.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	271.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		100.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		99.0950
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		11.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)		-62.0352
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		-1153.7232
Força transversal Z (N)		-642.0222
Momento fletor X (Nm)		-0.0000
Momento fletor Z (Nm)		-0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z4
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	171.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	171.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-46.2840
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z2
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	201.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	201.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-54.3770
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z9
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	309.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	309.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-78.2640
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		A
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	12.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	12.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		B
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	431.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	431.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000

Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _{ul}]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 231.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
 m (yS= 231.0000 (mm)): 3.1518 (kg)
 Jp: 0.0114 (kg*m²), Jxx: 0.0059 (kg*m²), Jzz: 0.0059 (kg*m²)

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 271.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
 m (yS= 271.0000 (mm)): 1.1241 (kg)
 Jp: 0.0021 (kg*m²), Jxx: 0.0011 (kg*m²), Jzz: 0.0011 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	15.404
Posição do máximo (mm)	244.000
Centro de massa (mm)	222.057
Soma da carga axial (N)	0.000
Torção sob torque (°)	-0.001

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 320		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'A'

Posição (coordenada Y)	[y]	12.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	0.33	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.33	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	42.14	

Força de reação do mancal	[Fx]	0.332	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.015	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.332	kN (2.65°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.033	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.001	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.034	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	6.080	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-8.995	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-146.199	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-0.295	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-178.12°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.007	mrاد (-0.02')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.000	mrاد (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.040	mrاد (0.14')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.041	mrاد (0.14')

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'B'

Posição (coordenada Y)	[y]	431.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	0.61	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.61	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	357661.92	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	22.84	
Força de reação do mancal	[Fx]	0.594	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.151	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.613	kN (14.22°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.046	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.003	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.049	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	8.760	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-8.678	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	145.425	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-2.387	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-164.62°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.001	mrاد (0')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.015	mrاد (-0.05')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.050	mrاد (-0.17')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.050	mrاد (0.17')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	2.00	5.59

Σ	2.00	5.59
---	------	------

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2
27.14	38.24

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: A

B2: B

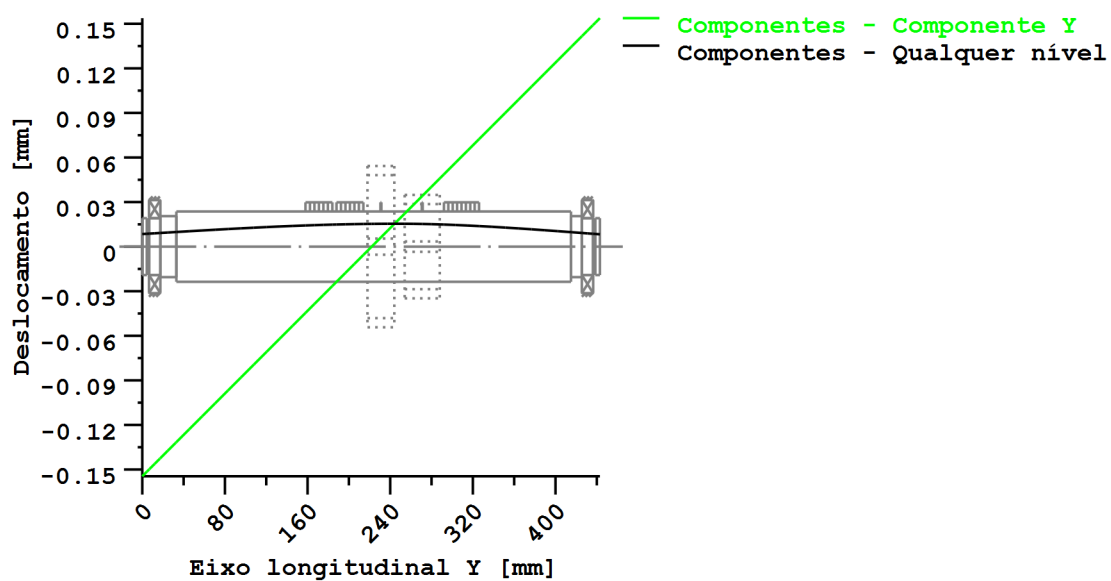
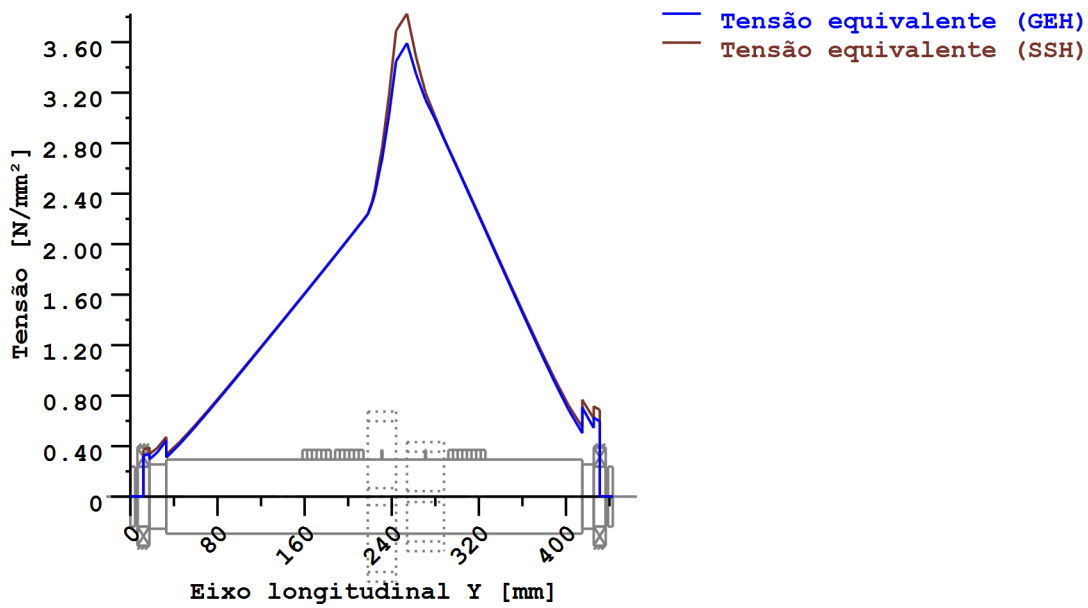


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 187.0236368 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

**Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012
com fadiga a baixo número de ciclos análoga à diretriz FKM e ao projeto FVA**

Resumo

veio 2

Material	F-10
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da fadiga a baixo número de ciclos e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	17.50	Ressalto do eixo
B-B	32.00	Entalhe circunferencial
C-C	231.00	Eixo estriado
D-D	271.00	Eixo estriado
E-E	416.00	Entalhe circunferencial
F-F	425.50	Ressalto do eixo
G-G	4.50	Ressalto do eixo
H-H	438.50	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfs	K2d	SD	SS
A-A	1.82	0.91	0.87	1176.91	2118.75
B-B	2.22	0.91	0.86	296.34	648.40
C-C	1.07	1.00	0.85	68.64	64.30
D-D	1.07	1.00	0.85	56.22	52.91
E-E	2.22	0.91	0.86	214.43	469.19
F-F	1.82	0.91	0.87	638.69	1149.81
G-G	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99
H-H	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99

Seguranças nominais: 1.20 2.00

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfs: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Vida útil e dano

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] 1000000.00

Dano do sistema (%) [D] 0.00

Dano (%) [H] (20000.0 h)

Cálculo da confiabilidade R(t) com distribuição Weibull; t em (h):

$$R(t) = 100 * \exp(-((t^{*fac} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$$

Welle	fac	b	t0	T
1	101596	1.5	9.264e+010	1.965e+011

Dano da seção transversal (%)

[D]

A-A:	0.00
B-B:	0.00
C-C:	0.00
D-D:	0.00
E-E:	0.00
F-F:	0.00
G-G:	0.00
H-H:	0.00

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal

Estática

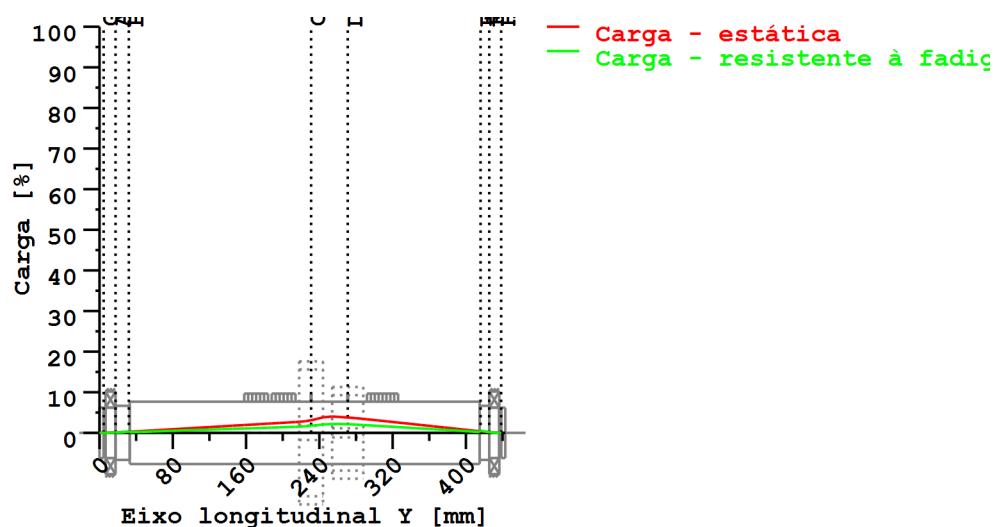
Resistente à fadiga

A-A	0.094	0.102
B-B	0.308	0.405
C-C	3.111	1.748
D-D	3.780	2.134
E-E	0.426	0.560
F-F	0.174	0.188
G-G	0.010	0.010
H-H	0.010	0.010

Utilização máxima (%)

[A]

3.780



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação veio 2
Desenho
Comprimento (mm) [l] 443.00
Velocidade (1/min) [n] 1693.27

Material F-10
Tipo de material Aço beneficiado
Tratamento do material sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm) [dB] 70.00

σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σB] 580.00

σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σS] 305.00

[σdW] (bei dB) (N/mm²) 232.00

[σbW] (bei dB) (N/mm²) 290.00

[τtW] (bei dB) (N/mm²) 174.00

Espessura matéria-prima (mm) [dWerkst] 70.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3

Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro de eixo D

de forma escalonada, sendo o fator dimensional K1d calculado com o diâmetro do eixo d

Valores de resistência de material determinados a partir do diâmetro do eixo

(Requisito: melhoramento do eixo torneado)

Indicação: Os seguintes valores de materiais são válidos só exatamente para a primeira seção transversal; os outros são determinados de acordo com o

respetivo "Diâmetro para fator dimensional".

[σBeff] (N/mm²)	580.00
[σSeff] (N/mm²)	305.00
[σbF] (N/mm²)	366.00
[τtF] (N/mm²)	211.31
[σBRand] (N/mm²)	628.00

[σzdW] (N/mm²)	232.00
[σbW] (N/mm²)	290.00
[τtW] (N/mm²)	174.00

Fadiga a baixo número de ciclos para solicitação de nível único

Vida útil nominal	[H]	20000.00
Número de ciclos de carga (Mio)	[NL]	2031.923

Dados da linha "Wöhler" semelhantes aos da diretiva FKM:

[kσ, kτ]	5	8
[kDσ, kDτ]	0	0
[NDσ, NDτ]	1e+006	1e+006
[NDσII, NDτII]	0	0

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	17.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (μm)		[Rz] 8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	1.8	0.0	332.1
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	3.1	0.0	564.6
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.112	0.000	0.186
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.190	0.000	0.317

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

Fator de influência sens. média tensão.	[σWK]	113.205	131.549	107.307
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000

Segurança contra fadiga	[S]	1176.906		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	98075.5		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		2118.755	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		105937.7	

Seção transversal 'B-B' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	32.000		
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000		
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)		57.000	1.000	1.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	6.6	0.0	332.0
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	11.3	0.0	564.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm ²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	0.365	0.000	0.173
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	0.621	0.000	0.295

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			

		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coeficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959	
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174	
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990	

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000		
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000		

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082	
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427	
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		296.336		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		24694.7		

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		648.400	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		32420.0	

Seção transversal 'C-C' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]		231.000	
Diâmetro externo (mm)	[da]		68.000	
Diâmetro interno (mm)	[di]		0.000	
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]		68.000	
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	15.5	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	73.6	15.5	516.5
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	125.1	52.7	878.1
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.331	0.000
[σzda, oba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	3.145	0.331	0.228
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	5.347	1.127	0.388

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	1.000
[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.574
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.331

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.530	221.089	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.530	221.089	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		68.640	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		5720.0	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.000	1.000	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		64.298	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		3214.9	

Seção transversal 'D-D' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			271.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	15.5	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	91.3	15.5	305.7
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	155.3	52.7	519.7
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.331	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	3.904	0.331	0.135
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	6.636	1.127	0.230

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.574
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.331

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.530	222.970	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.530	222.970	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		56.224	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		4685.3	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		52.912	

Segurança nominal	[Smin]	2.000
Resultado (%)	[S/Smin]	2645.6

Seção transversal 'E-E' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	416.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000
Efeito de entalhe	Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)	57.000 1.000 1.000	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	9.2	0.0	611.6
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	15.6	0.0	1039.8
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.505	0.000	0.320
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.858	0.000	0.543

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.919	2.816
Quebra de tensão relacionada	[G]	2.333	2.333
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		214.430	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		17869.2	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		469.186	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		23459.3	

Seção transversal 'F-F' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	425.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	3.4	0.0	612.1
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	5.7	0.0	1040.6
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.206	0.000	0.344
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.350	0.000	0.584

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	1.150
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.187
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	1.622

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)			
	[σWK]	113.205	131.549
Fator de influência sens. média tensão.			107.307
	[ψσK]	0.108	0.128
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]	638.687	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]	53223.9	

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:			
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)			
	[σFK]	335.500	402.600
Segurança limite elástico	[S]	1149.812	211.310
Segurança nominal	[Smin]	2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]	57490.6	

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	4.500
-----------------------------	-----	-------

Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000			
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000			
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000			
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo		
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500		
Rugosidade média (µm)		[Rz]	8.000		
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.001
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)					
	[σWK]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[ψσK]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)					
	[σFK]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Seção transversal 'H-H' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	438.500		
Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000		
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500	

Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000		
	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm^2)				
[A, Wb, Wt, A]	2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm^2)				
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_{m} , τ_{qm}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_{a} , τ_{qa}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.001
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_{B})]	1.000		
	[K1(σ_{S})]	1.000		
	Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:				
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[σ_{mV}]	0.000		
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[τ_{mV}]	0.000		
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm^2)				
	[σ_{WK}]	106.335	122.915	103.696
Fator de influência sens. média tensão.				
	[$\psi\sigma_{\text{K}}$]	0.101	0.119	0.098
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ADK}]	106.335	122.915	103.696
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ANK}]	106.335	122.915	103.696
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm^2)				
	[σ_{FK}]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		9999.990	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
 - Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.
- Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

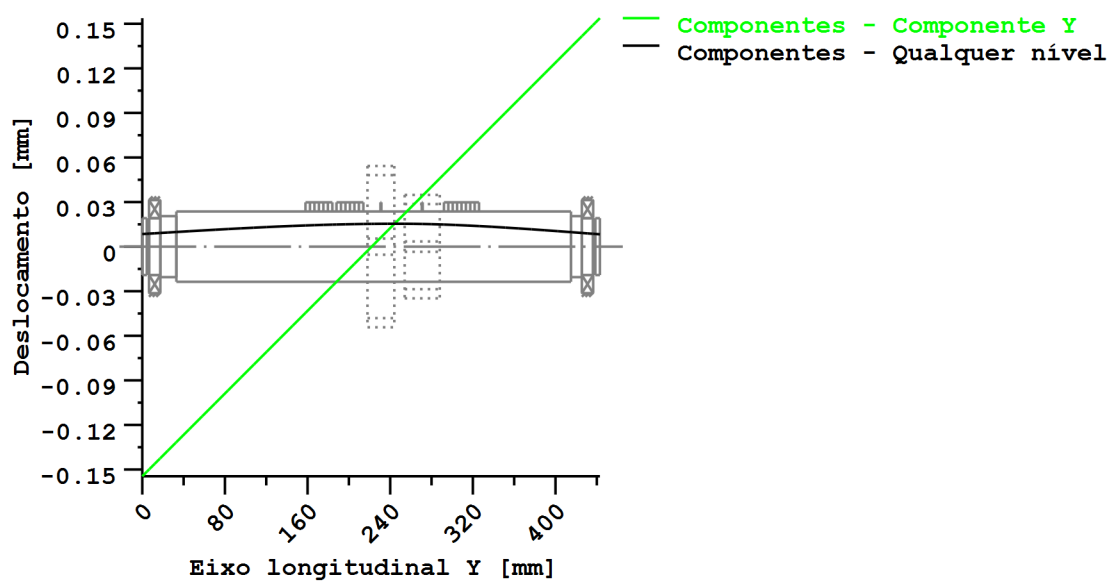


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 187.0236368 121)

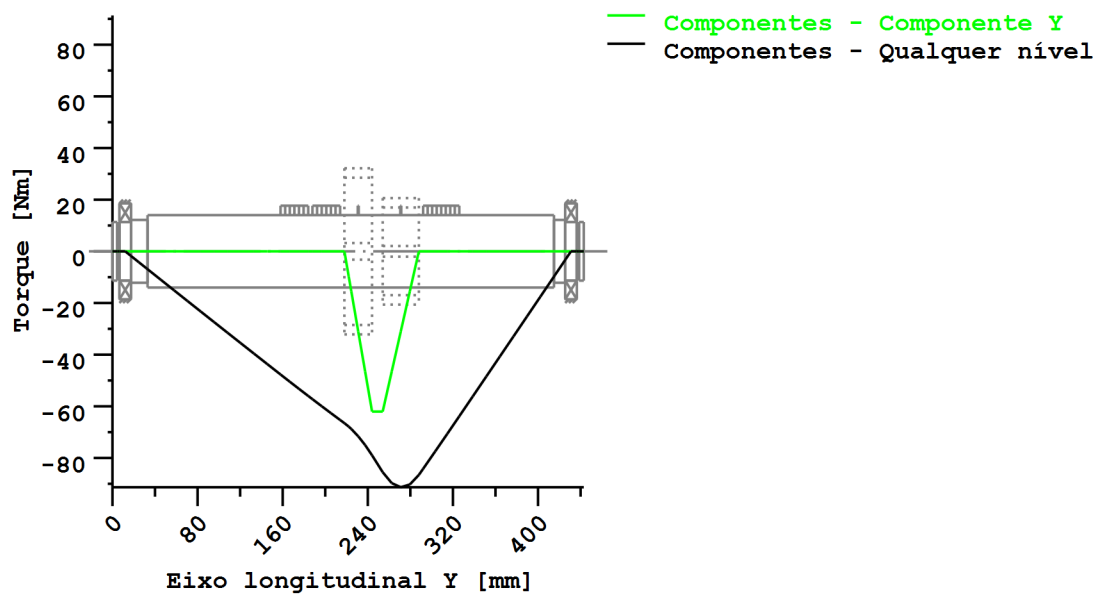


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 9.234715497 121)

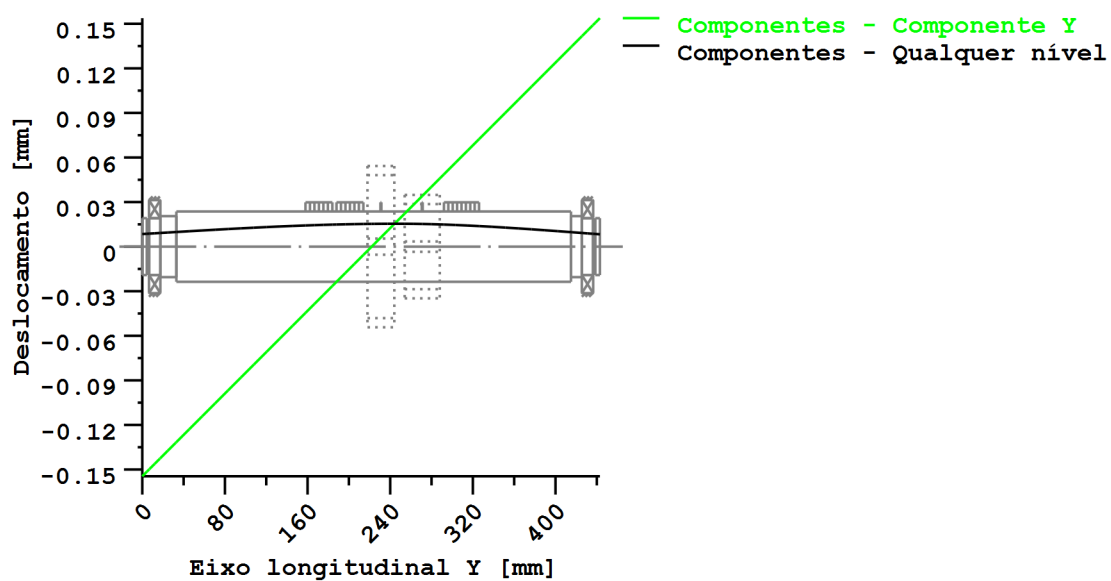


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 187.0236368 121)

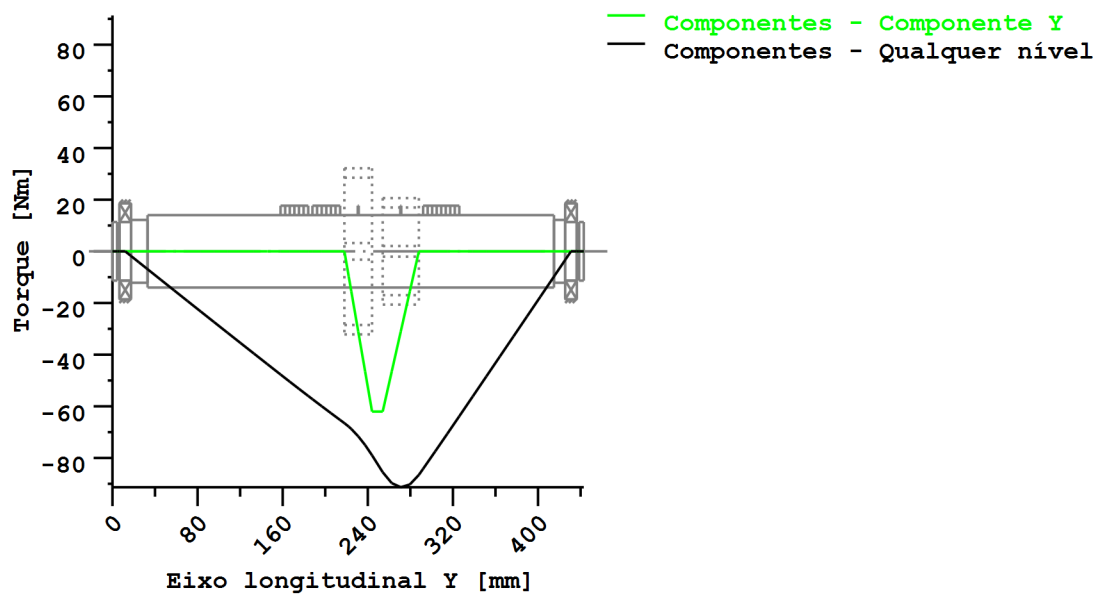


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 9.234715497 121)

Nome : veio 2. z6.z7 anti

Modificado por: up201405960

Data: 21.05.2019

Hora: 18:21:44

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	veio 2
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	443.000
Velocidade (1/min)	1693.27
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material (Entrada própria)	F-10
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	200000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.600
Temperatura (°C)	80.000
Peso do eixo (kg)	12.062
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	16.338
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.020
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	0.794
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens consideradas como massas	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

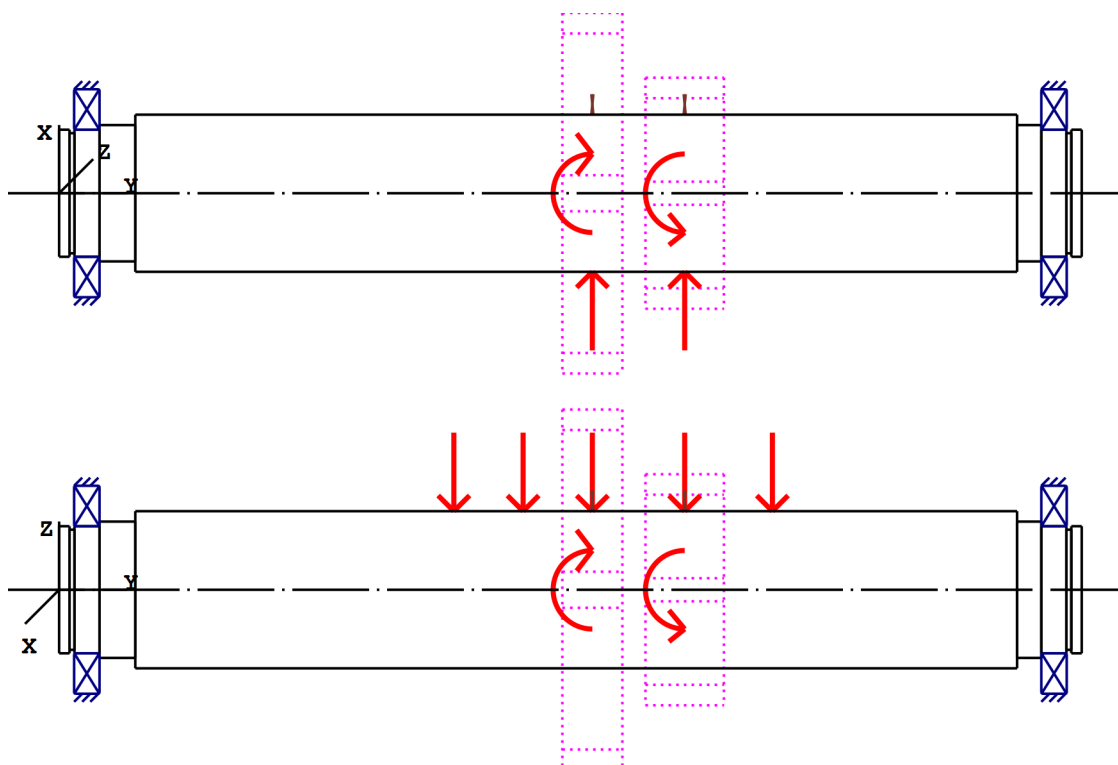


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (veio 2)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro)			0.000mm ...	4.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro esquerda (Chanfro esquerda)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Cilindro (Cilindro)			4.500mm ...	6.650mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio direita (Raio direita)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro)			6.650mm ...	17.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio direita (Raio direita)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu m/125\mu in$)

Cilindro (Cilindro)			17.500mm ...	33.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	15.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu m/125\mu in$)

Cilindro (Cilindro)			33.000mm ...	415.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	68.0000		
Comprimento (mm)	[l]	382.0000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Eixo estriado (Eixo estriado)

-158.000mm ... 224.000mm

$da=68.00$ (mm), $df=62.00$ (mm), $z=8$, Form=B, $l=382.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu m/125\mu in$)

Cilindro (Cilindro)			415.000mm ...	425.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu m/125\mu in$)

Cilindro (Cilindro)			425.500mm ...	436.350mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu m/125\mu in$)

Cilindro (Cilindro)			436.350mm ...	438.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu m/125\mu in$)

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu m/125\mu in$)

Cilindro (Cilindro)			438.500mm ...	443.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro direita (Chanfro direita)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Forças

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[local]	231.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	231.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		156.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		184.4100
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		11.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)		-62.0352
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		349.7716
Força transversal Z (N)		-770.7097
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		-0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[local]	271.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	271.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		100.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		99.0950
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		11.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)		62.0352
Força axial (N)		-0.0000
Força transversal X (N)		1296.4872
Força transversal Z (N)		-249.7814
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z4
Posição no eixo (mm)	[local]	171.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	171.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-46.2840
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z2
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	201.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	201.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-54.3770
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z9
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	309.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	309.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-78.2640
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		A
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	12.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	12.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		B
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	431.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	431.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000

Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _{ul}]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 231.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
m (yS= 231.0000 (mm)): 3.1518 (kg)
Jp: 0.0114 (kg*m²), Jxx: 0.0059 (kg*m²), Jzz: 0.0059 (kg*m²)

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 271.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
m (yS= 271.0000 (mm)): 1.1241 (kg)
Jp: 0.0021 (kg*m²), Jxx: 0.0011 (kg*m²), Jzz: 0.0011 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	24.344
Posição do máximo (mm)	231.000
Centro de massa (mm)	222.057
Soma da carga axial (N)	0.000
Torção sob torque (°)	0.001

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 320		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'A'

Posição (coordenada Y)	[y]	12.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	0.91	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.91	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	109765.11	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	15.41	

Força de reação do mancal	[Fx]	-0.662	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.622	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.909	kN (136.76°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.057	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.006	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.063	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	11.247	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	6.533	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-146.199	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-6.191	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-43.46°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.064	mrad (-0.22')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.079	mrad (-0.27')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.102	mrad (0.35')

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'B'

Posição (coordenada Y)	[y]	431.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	1.23	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.23	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	44318.18	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	11.39	
Força de reação do mancal	[Fx]	-0.984	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.737	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.229	kN (143.17°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.067	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.011	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.078	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	13.790	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	7.278	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	145.425	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-5.294	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-36.03°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.071	mrad (0.25')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.015	mrad (0.05')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.086	mrad (0.3')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.112	mrad (0.38')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	18.22	45.13

Σ	18.22	45.13
----------	-------	-------

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2
56.69	76.70

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: A

B2: B

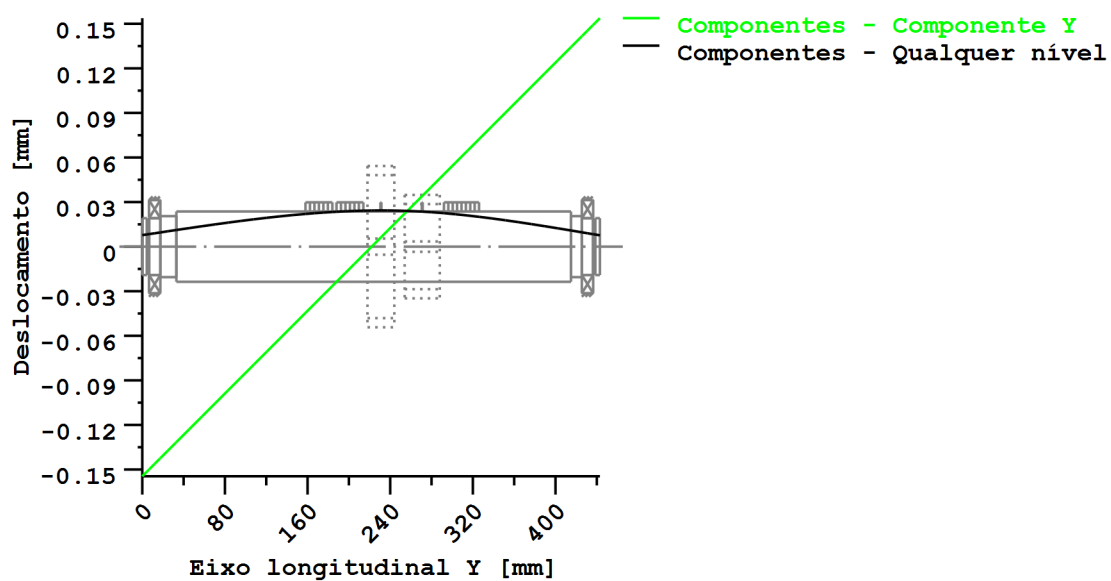
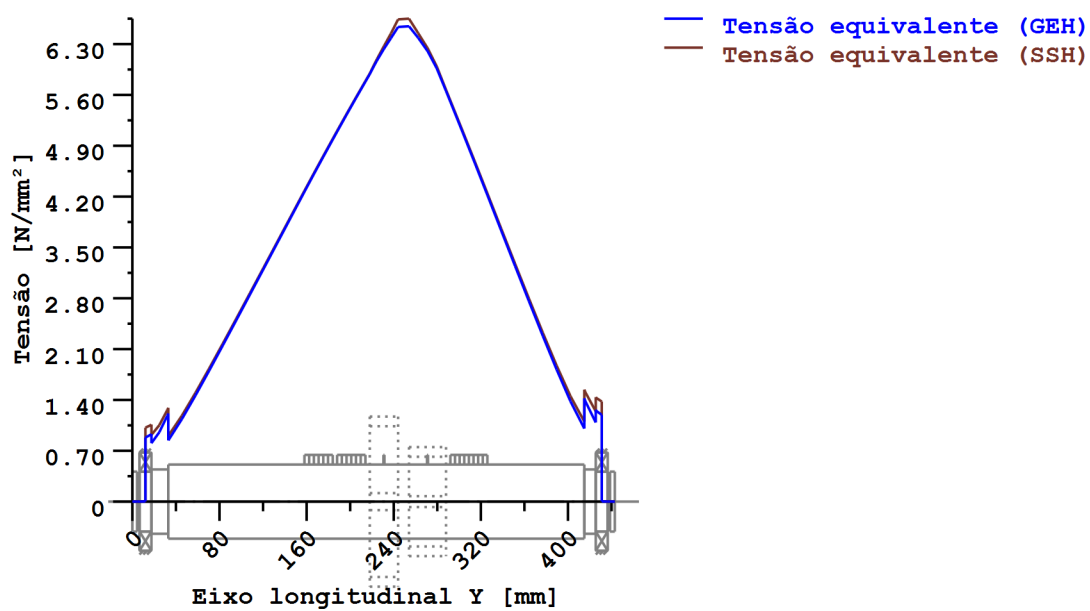


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 320.5520538 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

**Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012
com fadiga a baixo número de ciclos análoga à diretriz FKM e ao projeto FVA**

Resumo

veio 2

Material	F-10
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da fadiga a baixo número de ciclos e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	17.50	Ressalto do eixo
B-B	32.00	Entalhe circunferencial
C-C	231.00	Eixo estriado
D-D	271.00	Eixo estriado
E-E	416.00	Entalhe circunferencial
F-F	425.50	Ressalto do eixo
G-G	4.50	Ressalto do eixo
H-H	438.50	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfs	K2d	SD	SS
A-A	1.82	0.91	0.87	431.66	777.10
B-B	2.22	0.91	0.86	108.68	237.80
C-C	1.07	1.00	0.85	28.01	26.39
D-D	1.07	1.00	0.85	28.20	26.57
E-E	2.22	0.91	0.86	106.95	234.00
F-F	1.82	0.91	0.87	318.56	573.49
G-G	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99
H-H	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99

Seguranças nominais: 1.20 2.00

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfs: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Vida útil e dano

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] 1000000.00

Dano do sistema (%) [D] 0.00

Dano (%) [H] (20000.0 h)

Cálculo da confiabilidade R(t) com distribuição Weibull; t em (h):

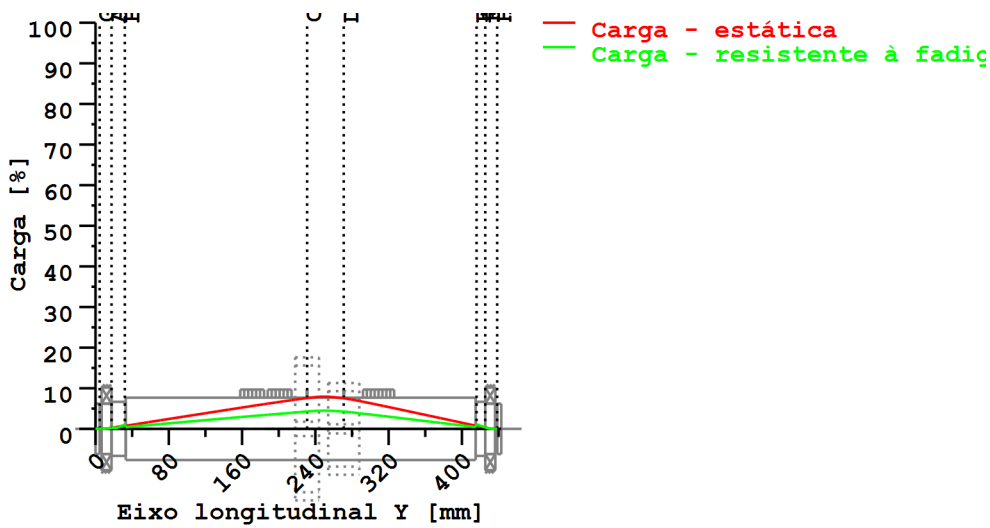
$$R(t) = 100 * \exp(-((t^{*fac} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$$

Welle	fac	b	t0	T
1	101596	1.5	9.264e+010	1.965e+011

Dano da seção transversal (%)	[D]
A-A:	0.00
B-B:	0.00
C-C:	0.00
D-D:	0.00
E-E:	0.00
F-F:	0.00
G-G:	0.00
H-H:	0.00

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal	Estática	Resistente à fadiga
A-A	0.257	0.278
B-B	0.841	1.104
C-C	7.577	4.283
D-D	7.526	4.255
E-E	0.855	1.122
F-F	0.349	0.377
G-G	0.010	0.010
H-H	0.010	0.010
Utilização máxima (%)	[A]	7.577



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação veio 2
Desenho
Comprimento (mm) [l] 443.00
Velocidade (1/min) [n] 1693.27

Material F-10
Tipo de material Aço beneficiado
Tratamento do material sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm) [dB] 70.00
 σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σB] 580.00
 σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σS] 305.00
 $[\sigma_{dW}]$ (bei dB) (N/mm²) 232.00
 $[\sigma_{bW}]$ (bei dB) (N/mm²) 290.00
 $[\tau_{tW}]$ (bei dB) (N/mm²) 174.00
 Espessura matéria-prima (mm) [dWerkst] 70.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3
 Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro de eixo D de forma escalonada, sendo o fator dimensional K1d calculado com o diâmetro do eixo d
 Valores de resistência de material determinados a partir do diâmetro do eixo (Requisito: melhoramento do eixo torneado)

Indicação: Os seguintes valores de materiais são válidos só exatamente para a primeira seção transversal; os outros são determinados de acordo com o

respetivo "Diâmetro para fator dimensional".

[σBeff] (N/mm²)	580.00
[σSeff] (N/mm²)	305.00
[σbF] (N/mm²)	366.00
[τtF] (N/mm²)	211.31
[σBRand] (N/mm²)	628.00

[σzdW] (N/mm²)	232.00
[σbW] (N/mm²)	290.00
[τtW] (N/mm²)	174.00

Fadiga a baixo número de ciclos para solicitação de nível único

Vida útil nominal	[H]	20000.00
Número de ciclos de carga (Mio)	[NL]	2031.923

Dados da linha "Wöhler" semelhantes aos da diretiva FKM:

[kσ, kτ]	5	8
[kDσ, kDτ]	0	0
[NDσ, NDτ]	1e+006	1e+006
[NDσII, NDτII]	0	0

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	17.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	59.000 1.000 2.000	
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

Carga: (N) (Nm)	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	5.0	0.0	906.5
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	8.5	0.0	1541.0
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.305	0.000	0.509
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.518	0.000	0.865

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

Fator de influência sens. média tensão.	[σWK]	113.205	131.549	107.307
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000

Segurança contra fadiga	[S]	431.659		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	35971.6		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		777.104	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		38855.2	

Seção transversal 'B-B' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	32.000		
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000		
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)		57.000	1.000	1.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

Carga: (N) (Nm)		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	18.1	0.0	904.4
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	30.8	0.0	1537.5
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.996	0.000	0.473
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.693	0.000	0.803

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		108.682	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		9056.8	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		237.803	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		11890.1	

Seção transversal 'C-C' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			231.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	15.5	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	188.9	15.5	493.1
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	321.2	52.7	838.3
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.331	0.000
[σzda, oba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	8.075	0.331	0.218
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	13.728	1.127	0.370

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	1.000
[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.574
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.331

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.530	227.111	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.530	227.111	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		28.015	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		2334.6	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.000	1.000	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		26.395	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		1319.7	

Seção transversal 'D-D' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			271.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	15.5	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	187.7	15.5	583.5
Valor máximo	[Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	319.0	52.7	992.0
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.331	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	8.020	0.331	0.258
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	13.634	1.127	0.438

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152	
[dB] (mm) = 29.0					
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991	
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355	

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.574
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.331

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.530	227.084	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.530	227.084	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		28.204	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		2350.3	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		26.574	

Segurança nominal	[Smin]	2.000
Resultado (%)	[S/Smin]	1328.7

Seção transversal 'E-E' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	416.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000
Efeito de entalhe		Entalhe circunferencial
[d, r, t] (mm)	57.000 1.000 1.000	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	18.4	0.0	1226.3
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	31.3	0.0	2084.7
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	1.012	0.000	0.641
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.720	0.000	1.089

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.919	2.816
Quebra de tensão relacionada	[G]	2.333	2.333
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		106.946	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		8912.2	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		234.005	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		11700.2	

Seção transversal 'F-F' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	425.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	6.7	0.0	1227.5
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	11.5	0.0	2086.7
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.413	0.000	0.689
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.702	0.000	1.171

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)			
	[σWK]	113.205	131.549
Fator de influência sens. média tensão.			107.307
	[ψσK]	0.108	0.128
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]	318.560	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]	26546.6	

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:			
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)			
	[σFK]	335.500	402.600
Segurança limite elástico	[S]	573.495	211.310
Segurança nominal	[Smin]	2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]	28674.7	

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	4.500
-----------------------------	-----	-------

Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000			
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000			
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000			
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo		
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500		
Rugosidade média (µm)		[Rz]	8.000		
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.001
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)					
	[σWK]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[ψσK]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)					
	[σFK]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Seção transversal 'H-H' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	438.500		
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000		
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500	

Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm^2)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm^2)					
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_{m} , τ_{qm}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_{a} , τ_{qa}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.001
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_{B})]	1.000			
	[K1(σ_{S})]	1.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[σ_{mV}]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[τ_{mV}]	0.000			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm^2)					
	[σ_{WK}]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[$\psi\sigma_{\text{K}}$]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ADK}]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ANK}]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm^2)					
	[σ_{FK}]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
 - Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.
- Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

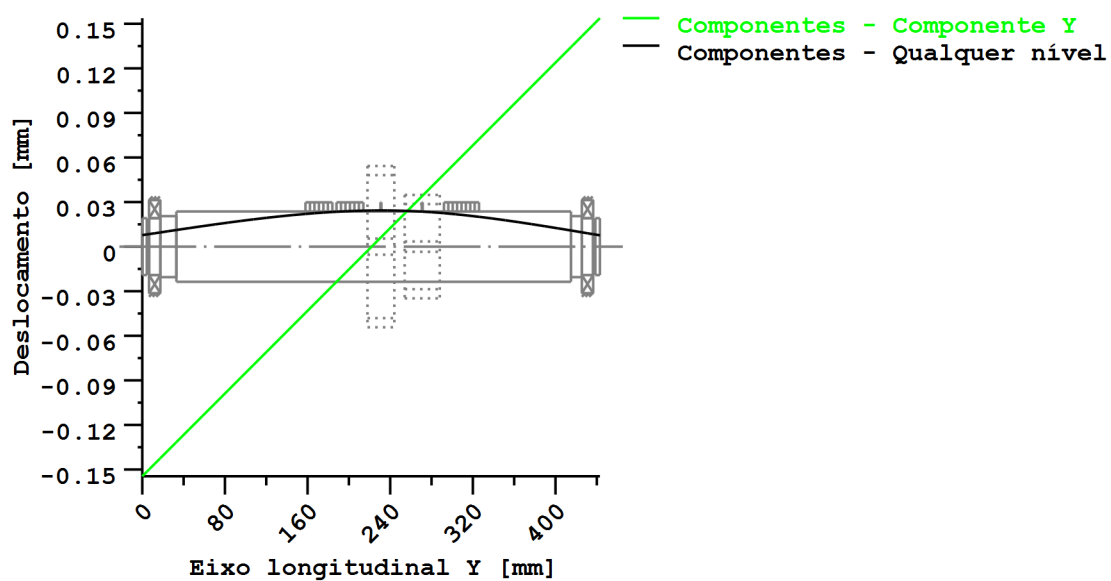


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 320.5520538 121)

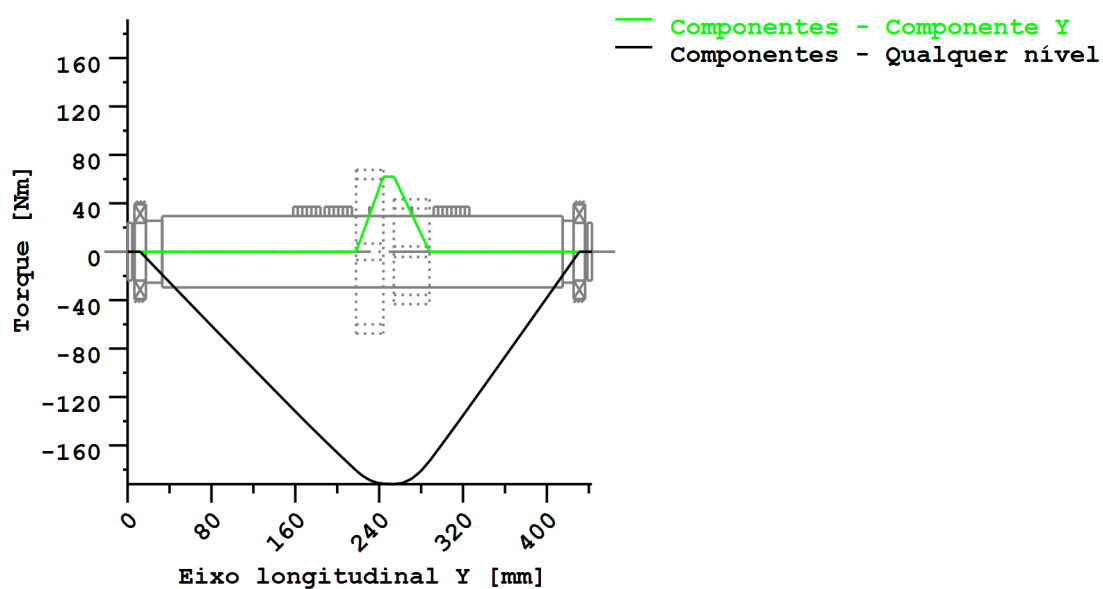


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 142.4004326 121)

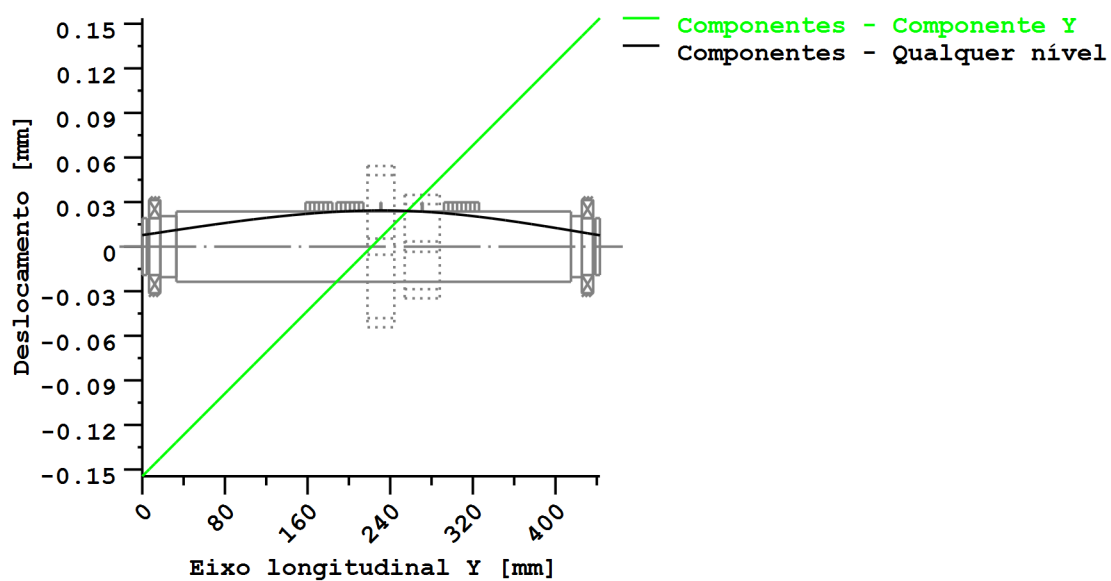


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 320.5520538 121)

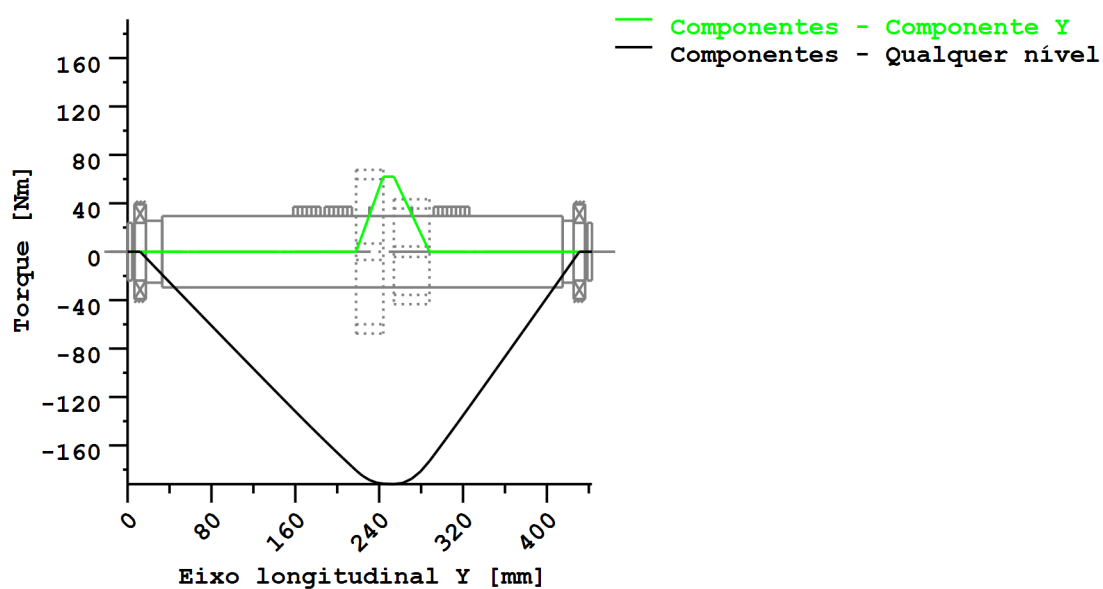


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 142.4004326 121)

Nome : veio 2. z2.z9

Modificado por: up201405960

Data: 21.05.2019

Hora: 18:04:36

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	veio 2
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	443.000
Velocidade (1/min)	885.16
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material (Entrada própria)	F-10
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	200000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.600
Temperatura (°C)	80.000
Peso do eixo (kg)	12.062
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	24.099
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.070
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	2.741
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens consideradas como massas	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

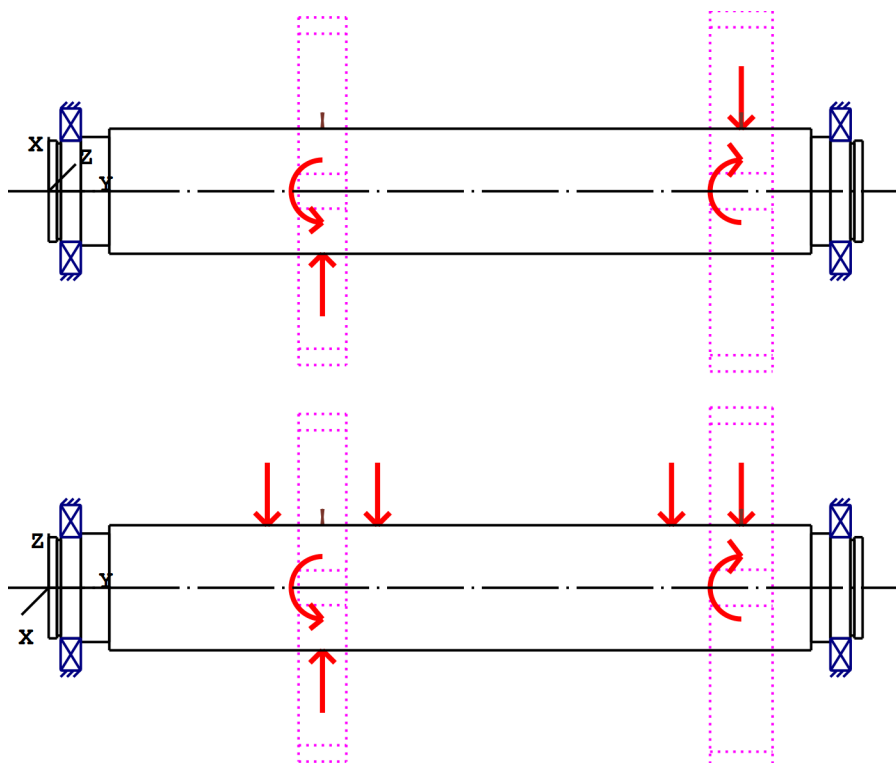


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (veio 2)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro)			0.000mm ...	4.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro esquerda (Chanfro esquerda)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Cilindro (Cilindro)			4.500mm ...	6.650mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio direita (Raio direita)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro)			6.650mm ...	17.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio direita (Raio direita)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			17.500mm ...	33.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	15.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			33.000mm ...	415.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	68.0000		
Comprimento (mm)	[l]	382.0000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Eixo estriado (Eixo estriado)

-158.000mm ... 224.000mm

$da=68.00$ (mm), $df=62.00$ (mm), $z=8$, Form=B, $l=382.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			415.000mm ...	425.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			425.500mm ...	436.350mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			436.350mm ...	438.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			438.500mm ...	443.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro direita (1)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Forças

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	149.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	149.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		189.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		184.4100
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		11.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)		118.6705
Força axial (N)		-0.0000
Força transversal X (N)		359.1506
Força transversal Z (N)		1287.2001
Momento fletor X (Nm)		-0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	377.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	377.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		196.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		99.0950
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		11.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)		-118.6705
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		-1126.0310
Força transversal Z (N)		-626.6121
Momento fletor X (Nm)		-0.0000
Momento fletor Z (Nm)		-0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z4
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	119.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	119.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-46.2840
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z6
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	179.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	179.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-37.3660
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z9
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	339.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	339.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-21.0330
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		A
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	12.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	12.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		B
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	431.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	431.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000

Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _{ul}]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 149.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
m (yS= 149.0000 (mm)): 4.9721 (kg)
Jp: 0.0251 (kg*m²), Jxx: 0.0128 (kg*m²), Jzz: 0.0128 (kg*m²)

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 377.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
m (yS= 377.0000 (mm)): 7.0655 (kg)
Jp: 0.0380 (kg*m²), Jxx: 0.0197 (kg*m²), Jzz: 0.0197 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	10.018
Posição do máximo (mm)	123.333
Centro de massa (mm)	222.057
Soma da carga axial (N)	0.000
Torção sob torque (°)	-0.010

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 320		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'A'

Posição (coordenada Y)	[y]	12.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	0.63	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.63	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	628087.61	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	22.20	

Força de reação do mancal	[Fx]	-0.097	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	-0.623	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.631	kN (-98.81°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.034	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.004	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.038	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	3.487	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	1.730	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-146.199	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	8.832	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (78.91°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.014	mrاد (0.05')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.000	mrاد (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.026	mrاد (0.09')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.029	mrاد (0.1')

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'B'

Posição (coordenada Y)	[y]	431.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	0.92	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.92	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	205409.09	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	15.30	
Força de reação do mancal	[Fx]	0.863	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.304	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.915	kN (19.38°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.042	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.007	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.048	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	4.474	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-8.402	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	145.425	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-3.226	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-159°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.051	mrاد (-0.17')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.168	mrاد (-0.58')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.006	mrاد (0.02')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.051	mrاد (0.18')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	3.18	9.74

Σ	3.18	9.74
----------	------	------

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2
31.70	46.00

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: A

B2: B

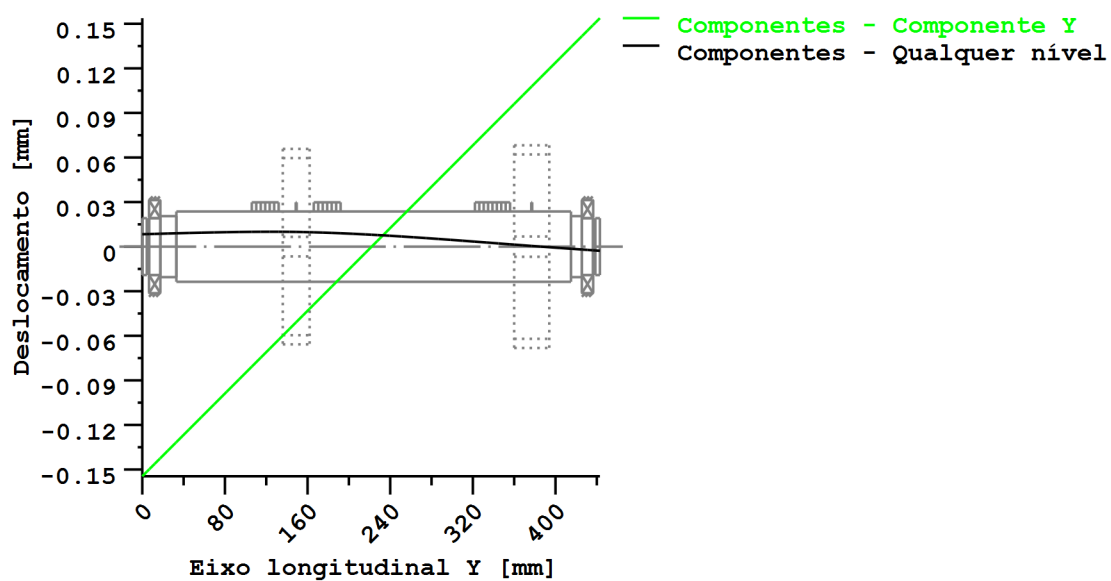
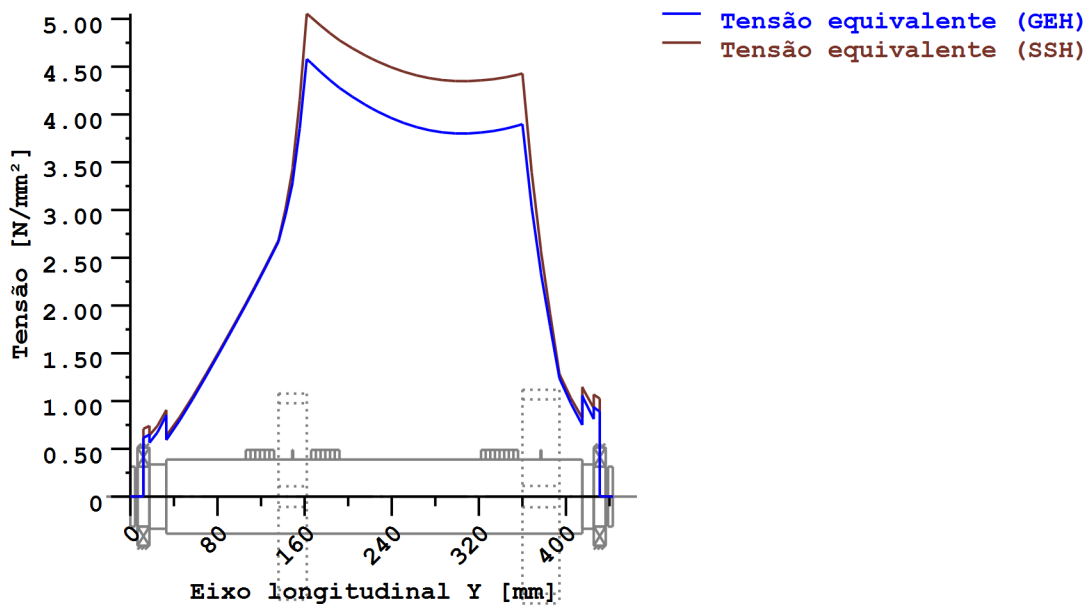


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 96.83396239 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

**Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012
com fadiga a baixo número de ciclos análoga à diretriz FKM e ao projeto FVA**

Resumo

veio 2

Material	F-10
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da fadiga a baixo número de ciclos e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	17.50	Ressalto do eixo
B-B	32.00	Entalhe circunferencial
C-C	149.00	Eixo estriado
D-D	377.00	Eixo estriado
E-E	416.00	Entalhe circunferencial
F-F	425.50	Ressalto do eixo
G-G	4.50	Ressalto do eixo
H-H	438.50	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfs	K2d	SD	SS
A-A	1.82	0.91	0.87	614.77	1106.76
B-B	2.22	0.91	0.86	154.87	338.88
C-C	1.07	1.00	0.85	55.14	50.22
D-D	1.07	1.00	0.85	90.36	74.54
E-E	2.22	0.91	0.86	143.56	314.12
F-F	1.82	0.91	0.87	427.59	769.78
G-G	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99
H-H	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99

Seguranças nominais: 1.20 2.00

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfs: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Vida útil e dano

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] 1000000.00

Dano do sistema (%) [D] 0.00

Dano (%) [H] (20000.0 h)

Cálculo da confiabilidade R(t) com distribuição Weibull; t em (h):

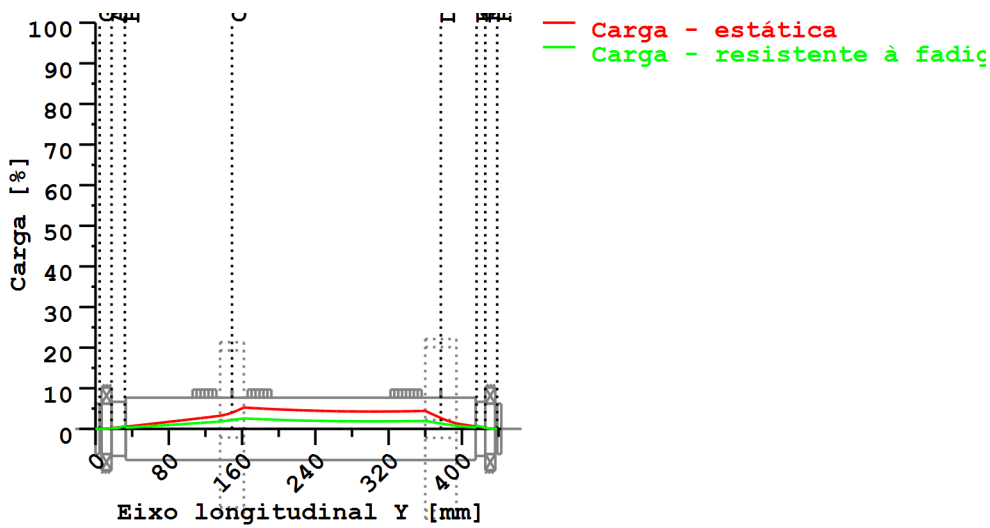
$$R(t) = 100 * \text{Exp}(-((t^{\text{fac}} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$$

Welle	fac	b	t0	T
1	53110	1.5	4.843e+010	1.027e+011

Dano da seção transversal (%)	[D]
A-A:	0.00
B-B:	0.00
C-C:	0.00
D-D:	0.00
E-E:	0.00
F-F:	0.00
G-G:	0.00
H-H:	0.00

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal	Estática	Resistente à fadiga
A-A	0.181	0.195
B-B	0.590	0.775
C-C	3.983	2.176
D-D	2.683	1.328
E-E	0.637	0.836
F-F	0.260	0.281
G-G	0.010	0.010
H-H	0.010	0.010
Utilização máxima (%)	[A]	3.983



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação veio 2
Desenho
Comprimento (mm) [l] 443.00
Velocidade (1/min) [n] 885.16

Material F-10
Tipo de material Aço beneficiado
Tratamento do material sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm) [dB] 70.00

σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σB] 580.00

σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σS] 305.00

[σdW] (bei dB) (N/mm²) 232.00

[σbW] (bei dB) (N/mm²) 290.00

[τtW] (bei dB) (N/mm²) 174.00

Espessura matéria-prima (mm) [dWerkst] 70.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3

Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro de eixo D

de forma escalonada, sendo o fator dimensional K1d calculado com o diâmetro do eixo d

Valores de resistência de material determinados a partir do diâmetro do eixo

(Requisito: melhoramento do eixo torneado)

Indicação: Os seguintes valores de materiais são válidos só exatamente para a primeira seção transversal; os outros são determinados de acordo com o

respetivo "Diâmetro para fator dimensional".

[σBeff] (N/mm²)	580.00
[σSeff] (N/mm²)	305.00
[σbF] (N/mm²)	366.00
[τtF] (N/mm²)	211.31
[σBRand] (N/mm²)	628.00

[σzdW] (N/mm²)	232.00
[σbW] (N/mm²)	290.00
[τtW] (N/mm²)	174.00

Fadiga a baixo número de ciclos para solicitação de nível único

Vida útil nominal	[H]	20000.00
Número de ciclos de carga (Mio)	[NL]	1062.190

Dados da linha "Wöhler" semelhantes aos da diretiva FKM:

[kσ, kτ]	5	8
[kDσ, kDτ]	0	0
[NDσ, NDτ]	1e+006	1e+006
[NDσII, NDτII]	0	0

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	17.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

Carga: (N) (Nm)	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	3.5	0.0	633.7
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	-0.0	5.9	0.0	1077.3
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	-0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.214	0.000	0.356
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	-0.000	0.364	0.000	0.605

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

Fator de influência sens. média tensão.	[σWK]	113.205	131.549	107.307
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000

Segurança contra fadiga	[S]	614.770		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	51230.8		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		1106.755	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		55337.8	

Seção transversal 'B-B' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	32.000		
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000		
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)		57.000	1.000	1.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

Carga: (N) (Nm)		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		-0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	12.7	0.0	636.7
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		-0.0	21.6	0.0	1082.5
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm ²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)	-0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)	0.000	0.699	0.000	0.333
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)	-0.000	1.188	0.000	0.566

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		154.875	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		12906.2	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		338.875	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		16943.8	

Seção transversal 'C-C' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			149.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (µm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		-0.0	0.0	29.7	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	86.1	29.7	105.2
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		-0.0	146.5	100.9	178.8
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		-0.000	0.000	0.634	0.000
[σzda, oba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	3.682	0.634	0.046
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		-0.000	6.259	2.156	0.079

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	1.000
[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	1.098
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.634

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	0.278	215.161	105.655
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	0.278	215.161	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		55.145	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		4595.4	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.000	1.000	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		50.218	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		2510.9	

Seção transversal 'D-D' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			377.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	29.7	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	43.9	29.7	315.0
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	74.6	100.9	535.5
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.634	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	1.876	0.634	0.139
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	3.189	2.156	0.236

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	1.098
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.634

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.278	201.743	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.278	201.743	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		90.364	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		7530.3	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		74.541	

Segurança nominal	[Smin]	2.000
Resultado (%)	[S/Smin]	3727.0

Seção transversal 'E-E' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	416.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000
Efeito de entalhe		Entalhe circunferencial
[d, r, t] (mm)	57.000 1.000 1.000	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	13.7	0.0	913.6
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	23.3	0.0	1553.1
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.754	0.000	0.477
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.282	0.000	0.812

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.919	2.816
Quebra de tensão relacionada	[G]	2.333	2.333
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		143.559	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		11963.3	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		314.116	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		15705.8	

Seção transversal 'F-F' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	425.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	5.0	0.0	914.3
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	8.5	0.0	1554.2
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.308	0.000	0.513
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.523	0.000	0.872

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337	1.611
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600	1.150
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281	1.187
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824	1.357
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205	1.622

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	113.205	131.549	107.307
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		427.589	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		35632.4	

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		769.778	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		38488.9	

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	4.500
-----------------------------	-----	-------

Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000			
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000			
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000			
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo		
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500		
Rugosidade média (µm)		[Rz]	8.000		
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		-0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		-0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7

Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		-0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.001
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		-0.000	0.000	0.000	0.001

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			

		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000			

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)					
	[σWK]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[ψσK]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)					
	[σFK]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Seção transversal 'H-H' Ressalto do eixo

Comentário					
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	438.500			
Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000			
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000			
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000			
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo		
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500		

Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm^2)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm^2)					
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_{m} , τ_{qm}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_{a} , τ_{qa}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.001
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_{B})]	1.000			
	[K1(σ_{S})]	1.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[σ_{mV}]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[τ_{mV}]	0.000			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm^2)					
	[σ_{WK}]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[$\psi\sigma_{\text{K}}$]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ADK}]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ANK}]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm^2)					
	[σ_{FK}]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
 - Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.
- Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

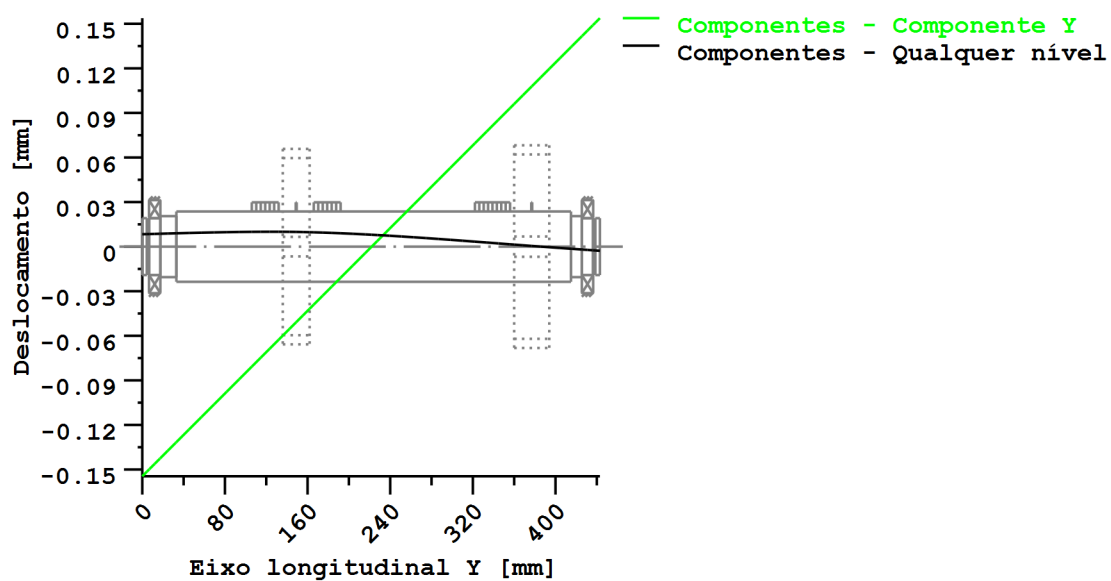


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 96.83396239 121)

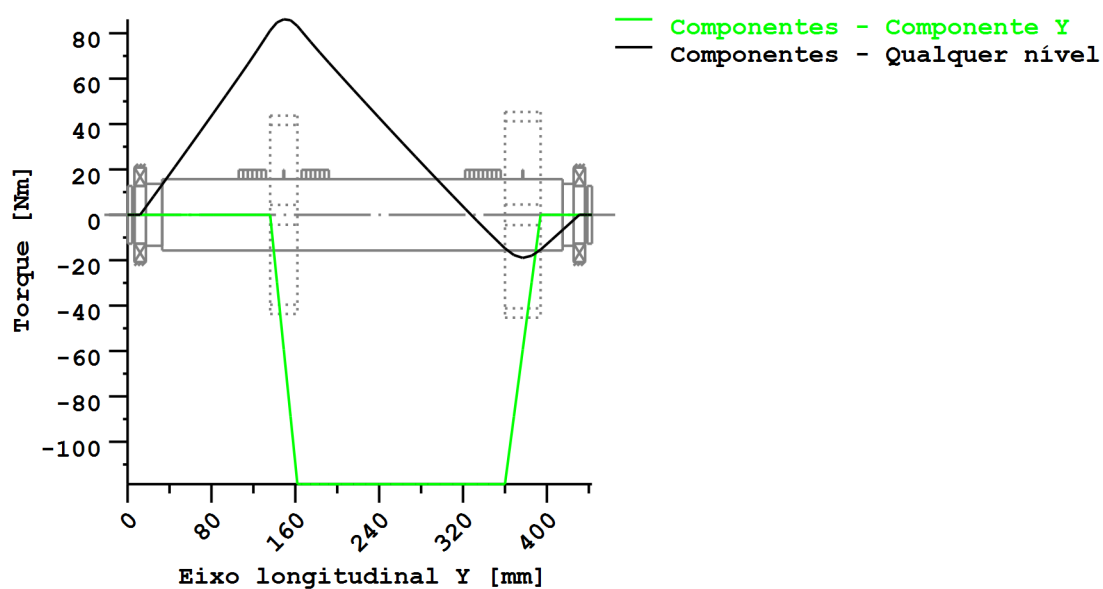


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 81.94616838 121)

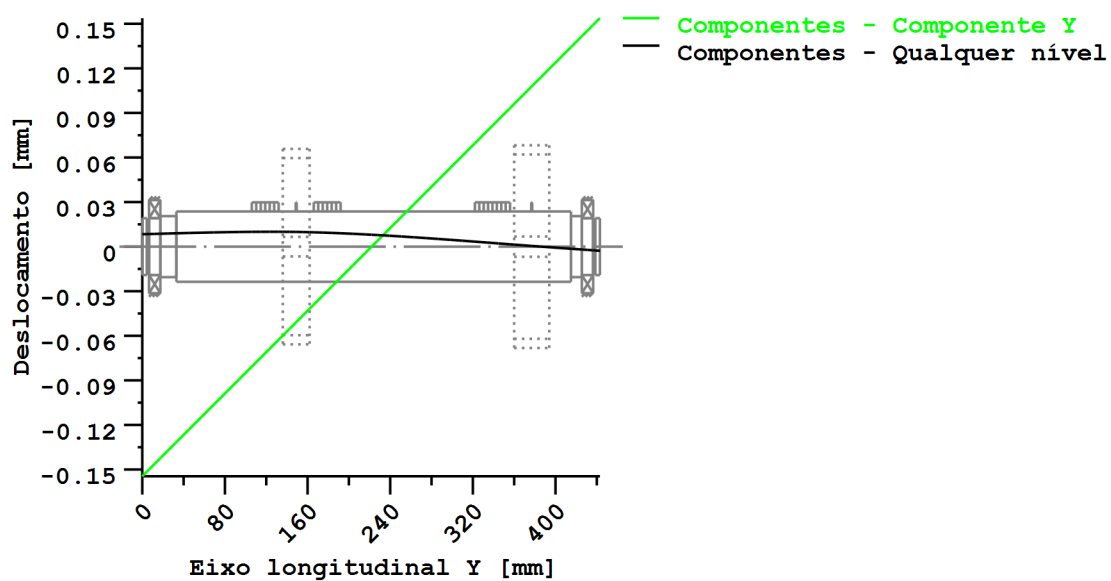


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 96.83396239 121)

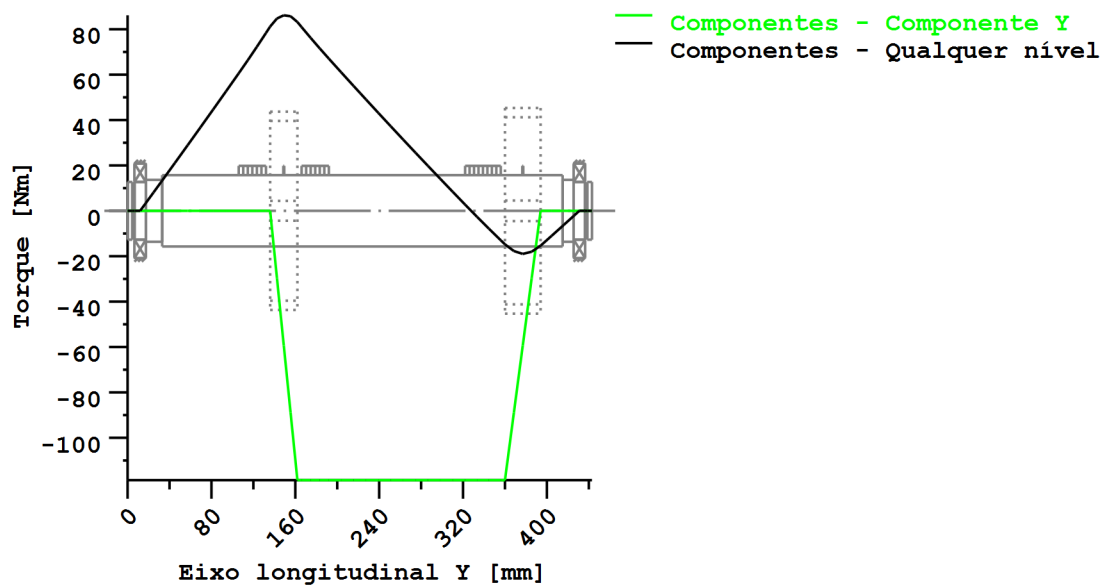


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 81.94616838 121)

Nome : veio 2. z2.z9 anti

Modificado por: up201405960

Data: 21.05.2019

Hora: 18:01:20

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	veio 2
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	443.000
Velocidade (1/min)	885.16
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material (Entrada própria)	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	200000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.600
Temperatura (°C)	80.000
Peso do eixo (kg)	12.062
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	24.099
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.070
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	2.741
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens consideradas como massas	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

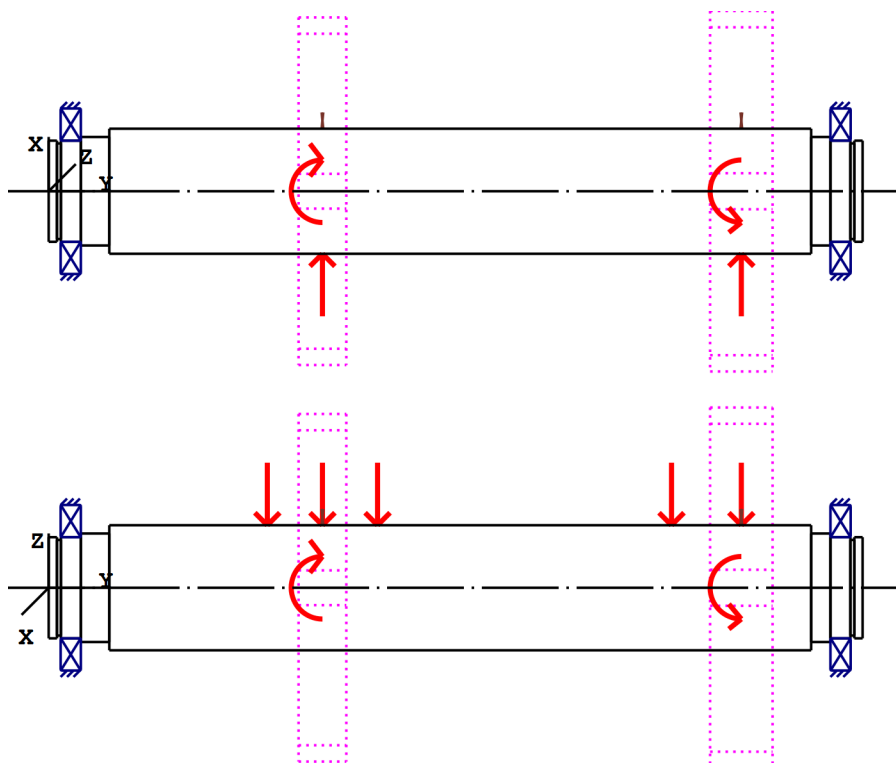


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (veio 2)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro) 0.000mm ... 4.500mm

Diâmetro (mm)	[d]	55.0000
Comprimento (mm)	[l]	4.5000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Chanfro esquerda (Chanfro esquerda)

l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Cilindro (Cilindro) 4.500mm ... 6.650mm

Diâmetro (mm)	[d]	52.0000
Comprimento (mm)	[l]	2.1500
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio esquerda (Raio esquerda)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio direita (Raio direita)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro) 6.650mm ... 17.500mm

Diâmetro (mm)	[d]	55.0000
Comprimento (mm)	[l]	10.8500
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio direita (Raio direita)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			17.500mm ...	33.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	15.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			33.000mm ...	415.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	68.0000		
Comprimento (mm)	[l]	382.0000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Eixo estriado (Eixo estriado)

-158.000mm ... 224.000mm

$da=68.00$ (mm), $df=62.00$ (mm), $z=8$, Form=B, $l=382.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			415.000mm ...	425.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			425.500mm ...	436.350mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			436.350mm ...	438.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			438.500mm ...	443.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro direita (Chanfro direita)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Forças

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[local]	149.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	149.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		189.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		184.4100
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		11.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)		-118.6705
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		552.2710
Força transversal Z (N)		-1216.9100
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		-0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[local]	377.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	377.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		196.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		99.0950
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		11.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)		118.6705
Força axial (N)		-0.0000
Força transversal X (N)		1265.3683
Força transversal Z (N)		-243.7861
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z4
Posição no eixo (mm)	[local]	119.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	119.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-46.2840
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z6
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	179.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	179.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-37.3660
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z9
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	339.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	339.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-21.0330
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		A
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	12.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	12.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		B
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	431.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	431.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000

Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _{ul}]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 149.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
m (yS= 149.0000 (mm)): 4.9721 (kg)
Jp: 0.0251 (kg*m²), Jxx: 0.0128 (kg*m²), Jzz: 0.0128 (kg*m²)

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 377.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
m (yS= 377.0000 (mm)): 7.0655 (kg)
Jp: 0.0380 (kg*m²), Jxx: 0.0197 (kg*m²), Jzz: 0.0197 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	21.062
Posição do máximo (mm)	215.636
Centro de massa (mm)	222.057
Soma da carga axial (N)	0.000
Torção sob torque (°)	0.010

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 320		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'A'

Posição (coordenada Y)	[y]	12.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	1.15	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.15	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	104874.49	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	12.22	

Força de reação do mancal	[Fx]	-0.535	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	1.013	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.145	kN (117.84°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.047	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.010	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.057	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	5.248	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	3.899	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-146.199	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-8.112	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-64.33°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.071	mrاد (-0.25')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.000	mrاد (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.060	mrاد (-0.21')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.093	mrاد (0.32')

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'B'

Posição (coordenada Y)	[y]	431.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	1.51	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.51	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	46112.74	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	9.30	
Força de reação do mancal	[Fx]	-1.283	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.789	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.506	kN (148.41°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.055	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.015	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.070	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	6.458	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	7.762	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	145.425	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-4.555	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-30.4°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.078	mrاد (0.27')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.168	mrاد (0.58')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.051	mrاد (0.17')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.093	mrاد (0.32')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	19.07	43.37

Σ	19.07	43.37
----------	-------	-------

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2
57.56	75.70

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: A

B2: B

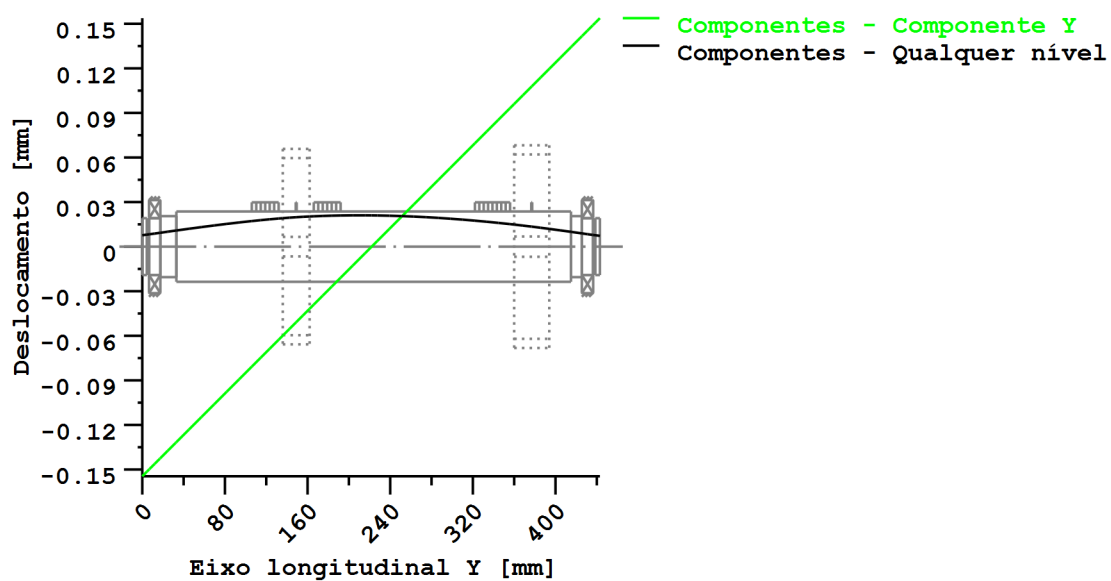
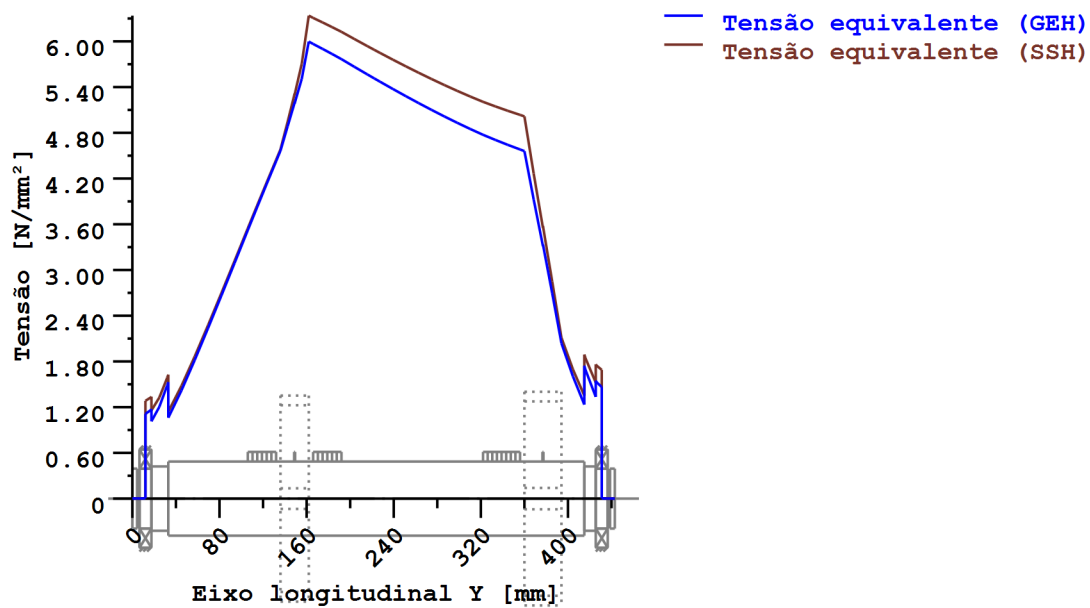


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 307.9101626 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

**Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012
com fadiga a baixo número de ciclos análoga à diretriz FKM e ao projeto FVA**

Resumo

veio 2

Material	C45 (1)
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da fadiga a baixo número de ciclos e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	17.50	Ressalto do eixo
B-B	32.00	Entalhe circunferencial
C-C	149.00	Eixo estriado
D-D	377.00	Eixo estriado
E-E	416.00	Entalhe circunferencial
F-F	425.50	Ressalto do eixo
G-G	4.50	Ressalto do eixo
H-H	438.50	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfs	K2d	SD	SS
A-A	1.82	0.91	0.87	343.82	618.98
B-B	2.22	0.91	0.86	86.32	188.88
C-C	1.07	1.00	0.85	34.08	31.97
D-D	1.07	1.00	0.85	61.09	54.93
E-E	2.22	0.91	0.86	87.24	190.90
F-F	1.82	0.91	0.87	259.86	467.81
G-G	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99
H-H	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99

Seguranças nominais: 1.20 2.00

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfs: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Vida útil e dano

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] 1000000.00

Dano do sistema (%) [D] 0.00

Dano (%) [H] (20000.0 h)

Cálculo da confiabilidade R(t) com distribuição Weibull; t em (h):

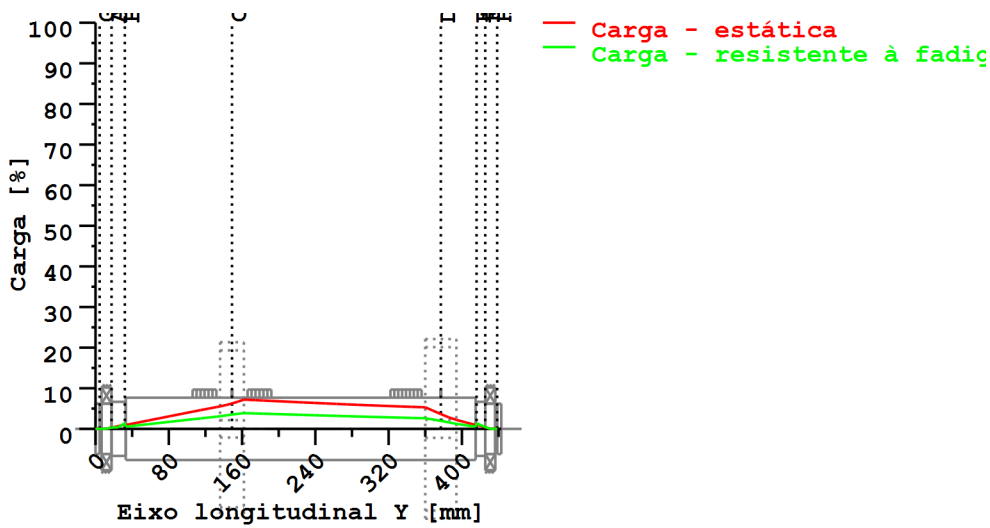
$$R(t) = 100 * \text{Exp}(-((t^{\text{fac}} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$$

Welle	fac	b	t0	T
1	53110	1.5	4.843e+010	1.027e+011

Dano da seção transversal (%)	[D]
A-A:	0.00
B-B:	0.00
C-C:	0.00
D-D:	0.00
E-E:	0.00
F-F:	0.00
G-G:	0.00
H-H:	0.00

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal	Estática	Resistente à fadiga
A-A	0.323	0.349
B-B	1.059	1.390
C-C	6.255	3.521
D-D	3.641	1.964
E-E	1.048	1.375
F-F	0.428	0.462
G-G	0.010	0.010
H-H	0.010	0.010
Utilização máxima (%)	[A]	6.255



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação veio 2
Desenho
Comprimento (mm) [l] 443.00
Velocidade (1/min) [n] 885.16

Material C45 (1)
Tipo de material Aço beneficiado
Tratamento do material sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm) [dB] 70.00
 σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σB] 580.00
 σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σS] 305.00

[σdW] (bei dB) (N/mm²) 232.00
[σbW] (bei dB) (N/mm²) 290.00
[τtW] (bei dB) (N/mm²) 174.00
Espessura matéria-prima (mm) [dWerkst] 70.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3
Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro de eixo D de forma escalonada, sendo o fator dimensional K1d calculado com o diâmetro do eixo d
Valores de resistência de material determinados a partir do diâmetro do eixo (Requisito: melhoramento do eixo torneado)

Indicação: Os seguintes valores de materiais são válidos só exatamente para a primeira seção transversal; os outros são determinados de acordo com o

respetivo "Diâmetro para fator dimensional".

[σBeff] (N/mm²)	580.00
[σSeff] (N/mm²)	305.00
[σbF] (N/mm²)	366.00
[τtF] (N/mm²)	211.31
[σBRand] (N/mm²)	628.00

[σzdW] (N/mm²)	232.00
[σbW] (N/mm²)	290.00
[τtW] (N/mm²)	174.00

Fadiga a baixo número de ciclos para solicitação de nível único

Vida útil nominal	[H]	20000.00
Número de ciclos de carga (Mio)	[NL]	1062.190

Dados da linha "Wöhler" semelhantes aos da diretiva FKM:

[kσ, kτ]	5	8
[kDσ, kDτ]	0	0
[NDσ, NDτ]	1e+006	1e+006
[NDσII, NDτII]	0	0

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	17.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

Carga: (N) (Nm)	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	6.2	0.0	1142.5
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	10.6	0.0	1942.3
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.383	0.000	0.641
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.650	0.000	1.090

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

Fator de influência sens. média tensão.	[σWK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000

Segurança contra fadiga	[S]	343.823		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	28651.9		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		618.975	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		30948.8	

Seção transversal 'B-B' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	32.000		
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000		
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)	57.000	1.000	1.000	
Rugosidade média (μm)	[Rz]		8.000	

Carga: (N) (Nm)		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	22.8	0.0	1139.9
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	38.8	0.0	1937.7
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	1.254	0.000	0.596
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	2.132	0.000	1.013

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		86.321	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		7193.4	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		188.876	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		9443.8	

Seção transversal 'C-C' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]		149.000	
Diâmetro externo (mm)	[da]		68.000	
Diâmetro interno (mm)	[di]		0.000	
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]		68.000	
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	29.7	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	148.9	29.7	410.9
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	253.2	100.9	698.6
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.634	0.000
[σzda, oba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	6.365	0.634	0.181
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	10.821	2.156	0.309

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	1.000
[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	1.098
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.634

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.278	221.615	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.278	221.615	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		34.081	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		2840.1	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.000	1.000	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		31.974	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		1598.7	

Seção transversal 'D-D' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			377.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)	68.000	62.000	0	0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	29.7	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	76.0	29.7	872.5
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	129.1	100.9	1483.2
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.634	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	3.247	0.634	0.385
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	5.520	2.156	0.655

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	1.098
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.634

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.278	213.187	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.278	213.187	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		61.091	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		5090.9	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		54.925	

Segurança nominal	[Smin]	2.000
Resultado (%)	[S/Smin]	2746.3

Seção transversal 'E-E' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	416.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000
Efeito de entalhe	Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)	57.000 1.000 1.000	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	22.6	0.0	1503.3
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	38.3	0.0	2555.7
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	1.241	0.000	0.786
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	2.109	0.000	1.335

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.919	2.816
Quebra de tensão relacionada	[G]	2.333	2.333
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		87.245	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		7270.4	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		190.897	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		9544.8	

Seção transversal 'F-F' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	425.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	8.3	0.0	1504.4
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	14.1	0.0	2557.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.506	0.000	0.844
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.861	0.000	1.435

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337	1.611
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600	1.150
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281	1.187
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824	1.357
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205	1.622

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	113.205	131.549	107.307
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		259.856	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		21654.6	

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		467.812	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		23390.6	

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	4.500
-----------------------------	-----	-------

Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000			
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000			
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000			
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo		
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500		
Rugosidade média (µm)		[Rz]	8.000		
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.0	0.0	0.7
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.2
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.002	0.000	0.000
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	0.004	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)					
	[σWK]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[ψσK]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)					
	[σFK]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Seção transversal 'H-H' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	438.500		
Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000		
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500	

Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm^2)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7

Tensões: (N/mm^2)					
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_{m} , τ_{qm}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_{a} , τ_{qa}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.001
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.001

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_{B})]	1.000			
	[K1(σ_{S})]	1.000			

		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm^2)	[σ_{mV}]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[τ_{mV}]	0.000			

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm^2)

	[σ_{WK}]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[$\psi\sigma_{\text{K}}$]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ADK}]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ANK}]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm^2)					
	[σ_{FK}]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
 - Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.
- Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

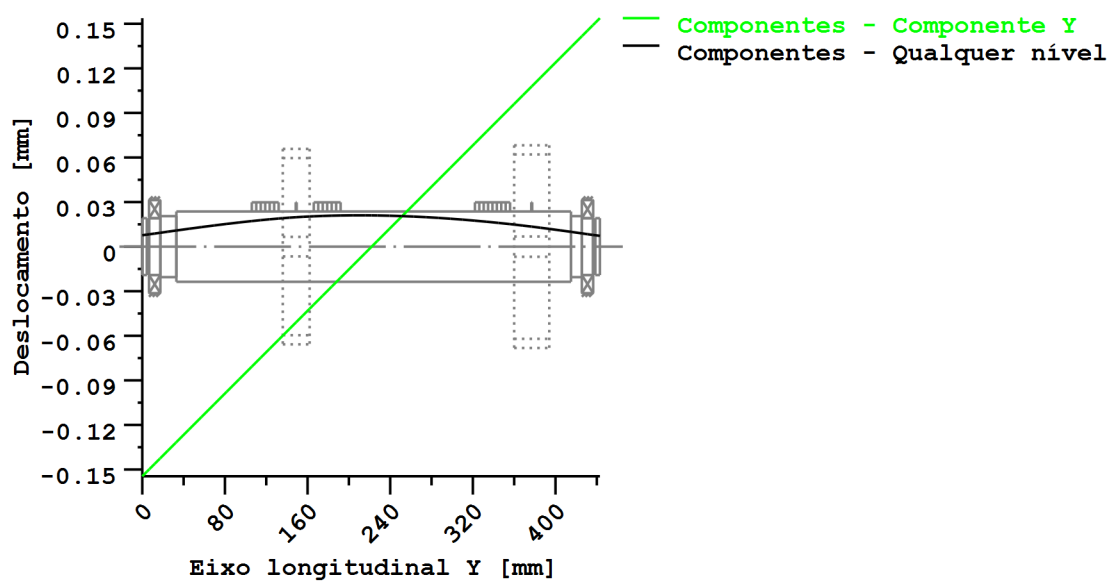


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 307.9101626 121)

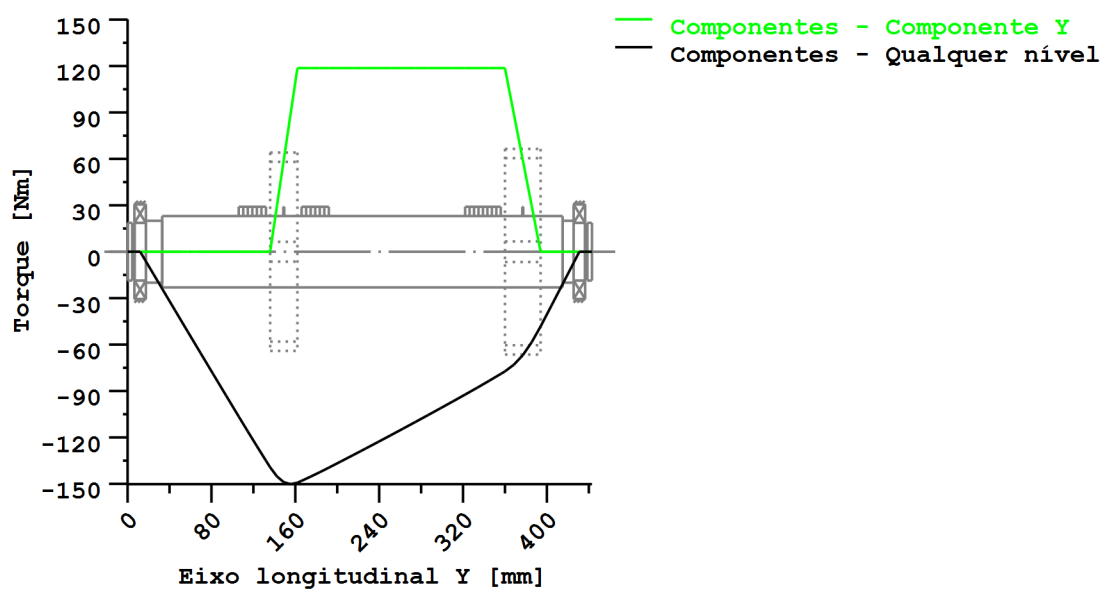


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 118.9453784 121)

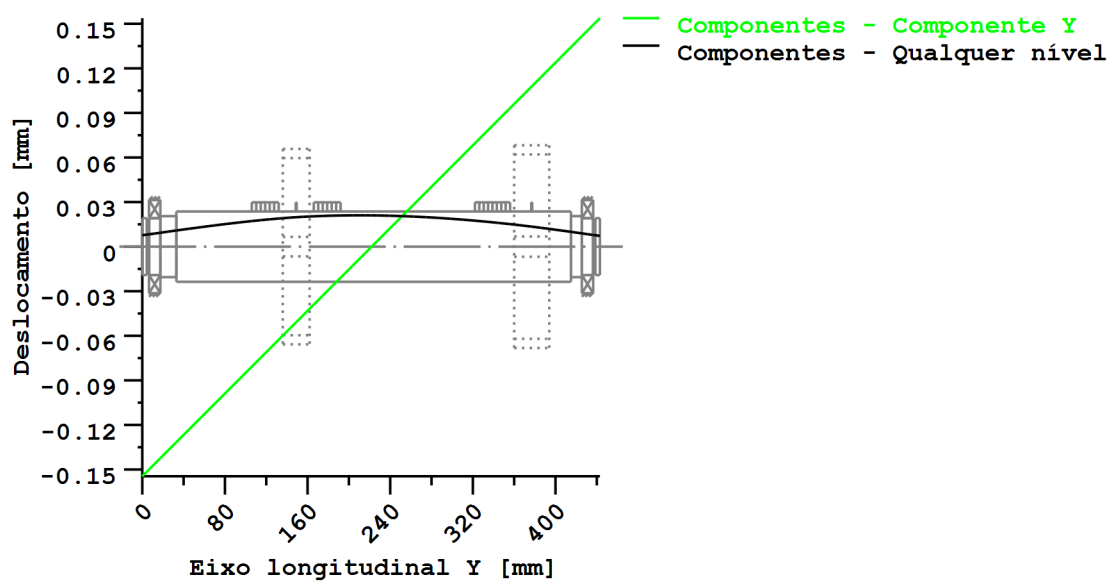


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 307.9101626 121)

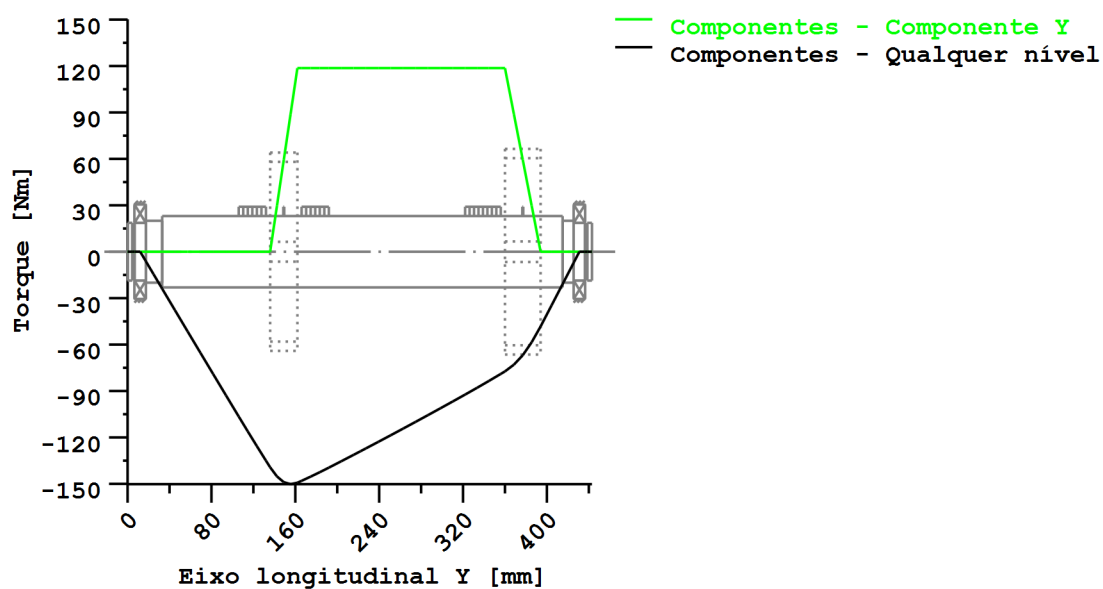


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 118.9453784 121)

Nome : veio 2. z4.z9

Modificado por: up201405960

Data: 21.05.2019

Hora: 18:18:27

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	veio 2
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	443.000
Velocidade (1/min)	1214.48
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material (Entrada própria)	F-10
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	200000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.600
Temperatura (°C)	80.000
Peso do eixo (kg)	12.062
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	23.229
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.063
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	2.459
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens consideradas como massas	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

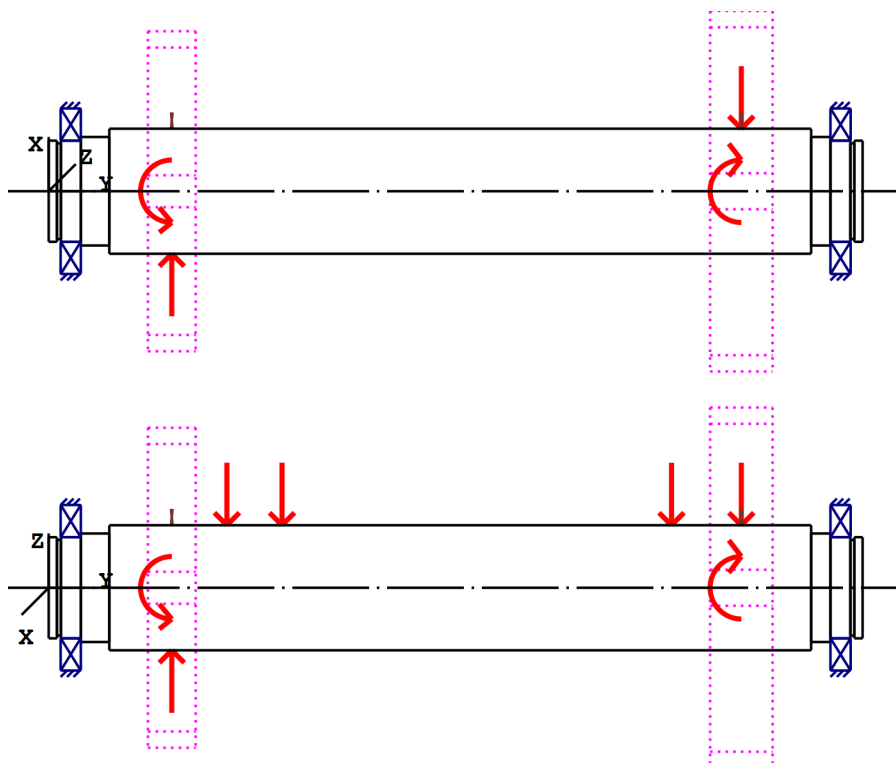


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (veio 2)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro) 0.000mm ... 4.500mm

Diâmetro (mm)	[d]	55.0000
Comprimento (mm)	[l]	4.5000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Chanfro esquerda (Chanfro esquerda)

l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Cilindro (Cilindro) 4.500mm ... 6.650mm

Diâmetro (mm)	[d]	52.0000
Comprimento (mm)	[l]	2.1500
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio esquerda (Raio esquerda)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio direita (Raio direita)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro) 6.650mm ... 17.500mm

Diâmetro (mm)	[d]	55.0000
Comprimento (mm)	[l]	10.8500
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio direita (Raio direita)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			17.500mm ...	33.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	15.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			33.000mm ...	415.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	68.0000		
Comprimento (mm)	[l]	382.0000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Eixo estriado (Eixo estriado)

-158.000mm ... 224.000mm

$da=68.00$ (mm), $df=62.00$ (mm), $z=8$, Form=B, $l=382.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			415.000mm ...	425.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			425.500mm ...	436.350mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			436.350mm ...	438.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			438.500mm ...	443.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro direita (Chanfro direita)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Forças

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[local]	67.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	67.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		174.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		184.4100
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		11.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)		86.4913
Força axial (N)		-0.0000
Força transversal X (N)		284.3275
Força transversal Z (N)		1019.0331
Momento fletor X (Nm)		-0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[local]	377.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	377.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		196.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		99.0950
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		11.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)		-86.4913
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		-820.6917
Força transversal Z (N)		-456.6974
Momento fletor X (Nm)		-0.0000
Momento fletor Z (Nm)		-0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z2
Posição no eixo (mm)	[local]	97.0000
Posição no sistema global (mm)	[global]	97.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-54.3770
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z6
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	127.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	127.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-37.3660
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z7
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	339.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	339.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-21.0330
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		A
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	12.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	12.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		B
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	431.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	431.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000

Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _{ul}]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 67.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
m (yS= 67.0000 (mm)): 4.1015 (kg)
Jp: 0.0179 (kg*m²), Jxx: 0.0092 (kg*m²), Jzz: 0.0092 (kg*m²)

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 377.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
m (yS= 377.0000 (mm)): 7.0655 (kg)
Jp: 0.0380 (kg*m²), Jxx: 0.0197 (kg*m²), Jzz: 0.0197 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	9.334
Posição do máximo (mm)	0.000
Centro de massa (mm)	222.057
Soma da carga axial (N)	0.000
Torção sob torque (°)	-0.010

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 320		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'A'

Posição (coordenada Y)	[y]	12.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	0.66	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.66	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	392869.28	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	21.10	

Força de reação do mancal	[Fx]	-0.141	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	-0.648	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.664	kN (-102.29°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.041	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.004	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.045	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	5.719	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	2.163	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-146.199	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	8.736	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (76.09°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.021	mrad (-0.07')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.029	mrad (0.1')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.036	mrad (0.12')

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'B'

Posição (coordenada Y)	[y]	431.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	0.80	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.80	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	223621.97	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	17.48	
Força de reação do mancal	[Fx]	0.678	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.427	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.801	kN (32.2°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.046	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.005	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.051	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	6.456	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-7.547	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	145.425	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-4.903	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-146.99°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.027	mrad (-0.09')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.166	mrad (-0.57')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.004	mrad (0.01')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.027	mrad (0.09')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	5.09	8.94

Σ	5.09	8.94
---	------	------

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2
37.06	44.72

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: A

B2: B

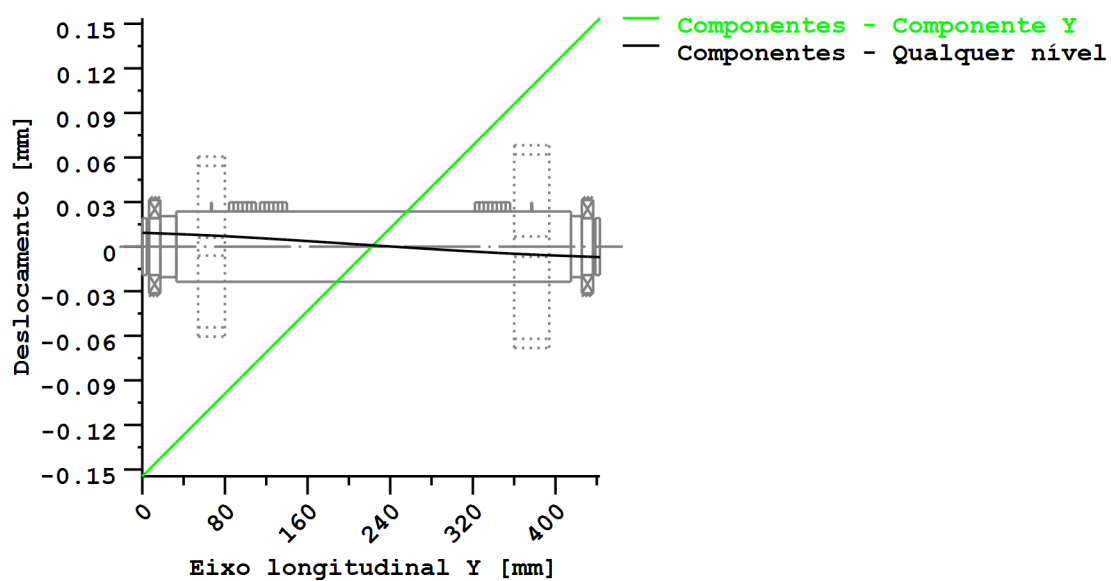
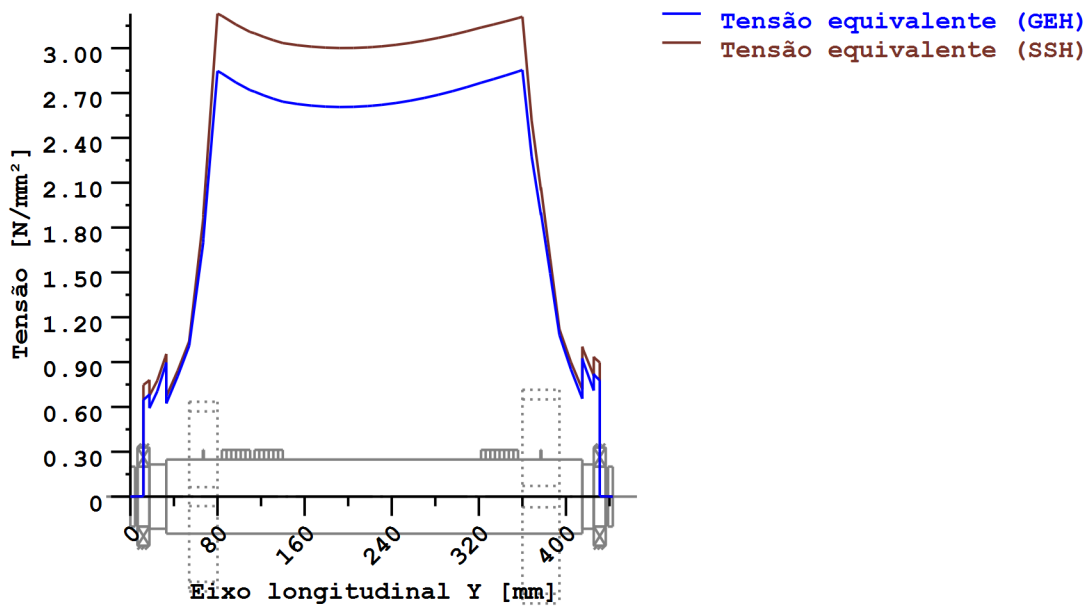


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 74.37966225 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012
com fadiga a baixo número de ciclos análoga à diretriz FKM e ao projeto FVA

Resumo

veio 2

Material	F-10
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da fadiga a baixo número de ciclos e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	17.50	Ressalto do eixo
B-B	32.00	Entalhe circunferencial
C-C	67.00	Eixo estriado
D-D	377.00	Eixo estriado
E-E	416.00	Entalhe circunferencial
F-F	425.50	Ressalto do eixo
G-G	4.50	Ressalto do eixo
H-H	438.50	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfs	K2d	SD	SS
A-A	1.82	0.91	0.87	584.44	1052.15
B-B	2.22	0.91	0.86	147.24	322.17
C-C	1.07	1.00	0.85	120.38	100.20
D-D	1.07	1.00	0.85	108.91	93.16
E-E	2.22	0.91	0.86	164.33	359.56
F-F	1.82	0.91	0.87	489.52	881.28
G-G	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99
H-H	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99

Seguranças nominais: 1.20 2.00

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfs: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Vida útil e dano

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] 1000000.00

Dano do sistema (%) [D] 0.00

Dano (%) [H] (20000.0 h)

Cálculo da confiabilidade R(t) com distribuição Weibull; t em (h):

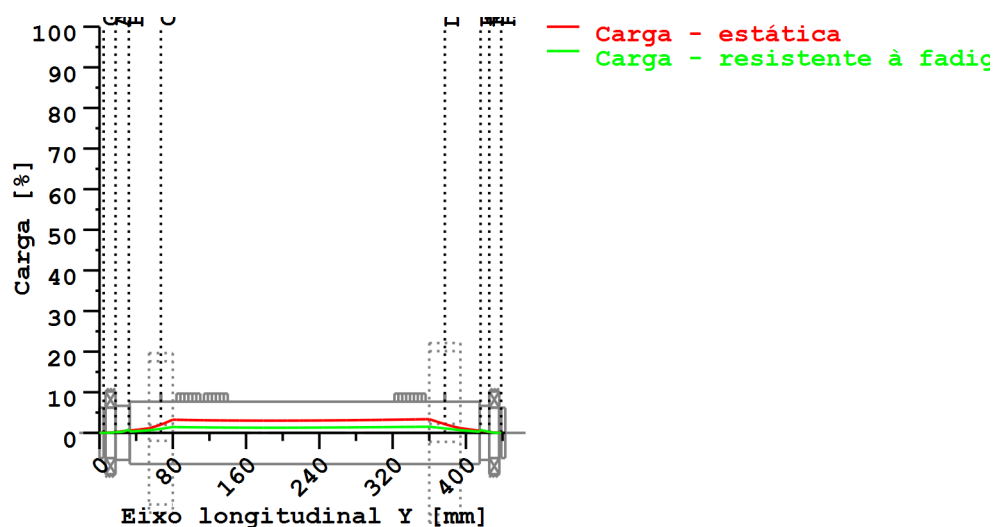
$$R(t) = 100 * \exp(-((t^{*fac} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$$

Welle	fac	b	t0	T
1	72869	1.5	6.645e+010	1.409e+011

Dano da seção transversal (%)	[D]
A-A:	0.00
B-B:	0.00
C-C:	0.00
D-D:	0.00
E-E:	0.00
F-F:	0.00
G-G:	0.00
H-H:	0.00

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal	Estática	Resistente à fadiga
A-A	0.190	0.205
B-B	0.621	0.815
C-C	1.996	0.997
D-D	2.147	1.102
E-E	0.556	0.730
F-F	0.227	0.245
G-G	0.010	0.010
H-H	0.010	0.010
Utilização máxima (%)	[A]	2.147



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação veio 2
Desenho
Comprimento (mm) [l] 443.00
Velocidade (1/min) [n] 1214.48

Material F-10
Tipo de material Aço beneficiado
Tratamento do material sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm) [dB] 70.00
 σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σB] 580.00
 σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σS] 305.00

[σzdW] (bei dB) (N/mm²) 232.00
[σbW] (bei dB) (N/mm²) 290.00
[τtW] (bei dB) (N/mm²) 174.00
Espessura matéria-prima (mm) [dWerkst] 70.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3
Valores de resistência de material determinados a partir da espessura da matéria-prima
Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro bruto

[σBeff] (N/mm²) 580.00
[σSeff] (N/mm²) 305.00
[σbF] (N/mm²) 366.00
[τtF] (N/mm²) 211.31
[σBRand] (N/mm²) 628.00

[σ _{zdW}] (N/mm ²)	232.00
[σ _{bW}] (N/mm ²)	290.00
[τ _{tW}] (N/mm ²)	174.00

Fadiga a baixo número de ciclos para solicitação de nível único

Vida útil nominal	[H]	20000.00
Número de ciclos de carga (Mio)	[NL]	1457.380

Dados da linha "Wöhler" semelhantes aos da diretiva FKM:

[kσ, kτ]	5	8
[kDσ, kDτ]	0	0
[NDσ, NDτ]	1e+006	1e+006
[NDσII, NDτII]	0	0

Cálculo para caso de esforço 2 (σ.av/σ.mv = const)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário		
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	17.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	59.000 1.000 2.000	
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	3.7	0.0	666.7
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	6.3	0.0	1133.3
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm ²)				
[σ _{zdm} , σ _{bm} , τ _m , τ _{qm}] (N/mm ²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σ _{zda} , σ _{ba} , τ _a , τ _{qa}] (N/mm ²)	0.000	0.225	0.000	0.374
[σ _{zdm} , σ _{bm} , τ _m , τ _{qm}] (N/mm ²)	0.000	0.383	0.000	0.636

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

Fator de influência sens. média tensão.	[σWK]	113.205	131.549	107.307
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		584.437	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		48703.1	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
-----------------------------------	-------	-------	-------	-------

Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		1052.147	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		52607.4	

Seção transversal 'B-B' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]		32.000	
Diâmetro externo (mm)	[da]		59.000	
Diâmetro interno (mm)	[di]		0.000	
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)	57.000	1.000	1.000	
Rugosidade média (μm)	[Rz]		8.000	

Carga: (N) (Nm)			Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio						
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0	
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	13.4	0.0	669.6	
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	22.7	0.0	1138.4	
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)						
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8	

Tensões: (N/mm ²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	0.735	0.000	0.350
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	1.250	0.000	0.595

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			

			Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959	
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990	

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000		
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000		

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		147.241	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		12270.1	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		322.172	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		16108.6	

Seção transversal 'C-C' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	67.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe		Eixo estriado
[da, df, z, mn] (mm)	68.000 62.000 0 0.000	
Forma B		
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	21.6	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	33.5	21.6	154.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	57.0	73.5	263.1
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.462	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	1.433	0.462	0.068
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	2.437	1.571	0.116

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068
[dB] (mm) = 29.0			
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.800
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.462

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	0.381	202.932	105.655
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	0.381	202.932	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		120.377	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		10031.4	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		100.203	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		5010.2	

Seção transversal 'D-D' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	377.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe		Eixo estriado
[da, df, z, mn] (mm)	68.000 62.000 0 0.000	
Forma B		
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	21.6	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	39.0	21.6	290.1
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	66.3	73.5	493.3
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.462	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	1.667	0.462	0.128
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	2.834	1.571	0.218

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.800
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.462

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	0.381	206.461	105.655
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	0.381	206.461	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		108.914	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		9076.1	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		93.165	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		4658.2	

Seção transversal 'E-E' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	416.000
-----------------------------	-----	---------

Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)	57.000 1.000 1.000			
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	12.0	0.0	798.0
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	20.4	0.0	1356.6
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.659	0.000	0.417
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.120	0.000	0.709

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:				
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000		

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
[σWK]	96.419	108.235	87.427	
Fator de influência sens. média tensão.				
[ψσK]	0.091	0.103	0.082	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]	164.326		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	13693.9		

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
[σFK]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]	359.556		
Segurança nominal	[Smin]	2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]	17977.8		

Seção transversal 'F-F' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	425.500		
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000 1.000 2.000			
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	4.4	0.0	799.0
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	7.5	0.0	1358.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.269	0.000	0.448
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	0.457	0.000	0.762
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			

		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337	1.611	
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600	1.150	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281	1.187	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824	1.357	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867	0.867	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205	1.622	

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:				
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000		

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	113.205	131.549	107.307
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		489.523	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		40793.6	

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		881.275	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		44063.8	

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]		4.500	
Diâmetro externo (mm)	[da]		52.000	
Diâmetro interno (mm)	[di]		0.000	
Efeito de entalhe				Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500	
Rugosidade média (μm)		[Rz]		8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.4

Seção transversal, torques de resistência: (mm²)

[A, Wb, Wt, A] 2123.7 13804.2 27608.3 2123.7

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²) 0.000 0.000 0.000 0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²) 0.000 0.000 0.000 0.001
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²) 0.000 0.000 0.000 0.001

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)] 1.000
[K1(σS)] 1.000

Tração/pressão Flexão Torção

Coefficiente de forma [a] 2.901 2.742 1.786
Quebra de tensão relacionada [G'] 5.115 5.115 2.300
Sensibilidade ao entalhe [n] 1.395 1.395 1.265
Coeficiente de efeito de entalhe [β] 2.081 1.966 1.413
Efeito geométrico de tamanhos [K2(d)] 1.000 0.871 0.871
Fator de influência rugosidade da superfície [KF] 0.908 0.908 0.947
Fator de endurecimento da superfície [KV] 1.000 1.000 1.000
Fator de influência total [K] 2.182 2.359 1.678

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²) [σmV] 0.000
Tensão média equivalente (N/mm²) [τmV] 0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

[σWK] 106.335 122.915 103.696
Fator de influência sens. média tensão.
[ψσK] 0.101 0.119 0.098
Amplitude tolerável (N/mm²) [σADK] 106.335 122.915 103.696
Amplitude tolerável (N/mm²) [σANK] 106.335 122.915 103.696
Soma eficaz Miner [DM] 0.300 0.300 0.300
Fator de espectro [fkoll] 1.000 1.000 1.000
Segurança contra fadiga [S] 9999.990
Segurança nominal contra fadiga [Smin] 1.200
Resultado (%) [S/Smin] 1000000.0

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática [K2F] 1.000 1.200 1.200
Fator de aumento [γF] 1.100 1.100 1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)
[σFK] 335.500 402.600 211.310
Segurança limite elástico [S] 9999.990
Segurança nominal [Smin] 2.000
Resultado (%) [S/Smin] 1000000.0

Seção transversal 'H-H' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm) [y] 438.500
Diâmetro externo (mm) [da] 55.000
Diâmetro interno (mm) [di] 0.000
Efeito de entalhe Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm) 55.000 0.500 1.500
Rugosidade média (μm) [Rz] 8.000

Tração/pressão Flexão Torção Cisalhamento

Carga: (N) (Nm)

Valor médio

[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm] 0.0 0.0 0.0 0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa] 0.0 0.0 0.0 0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax] 0.0 0.0 0.0 1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)
[A, Wb, Wt, A] 2123.7 13804.2 27608.3 2123.7

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²) 0.000 0.000 0.000 0.000

[σ_{da} , σ_{ba} , τ_a , τ_{qa}] (N/mm ²)	0.000	0.000	0.000	0.001
[σ_{dmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm ²)	0.000	0.000	0.000	0.001

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_B)]	1.000
	[K1(σ_S)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[$\sigma_m V$]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[$\tau_m V$]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σ_{WK}]	106.335	122.915	103.696
Fator de influência sens. média tensão.				
	[$\psi \sigma_K$]	0.101	0.119	0.098
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σ_{ADK}]	106.335	122.915	103.696
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σ_{ANK}]	106.335	122.915	103.696
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fK σ]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γ_F]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σ_{FK}]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		9999.990	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
- Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.

Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

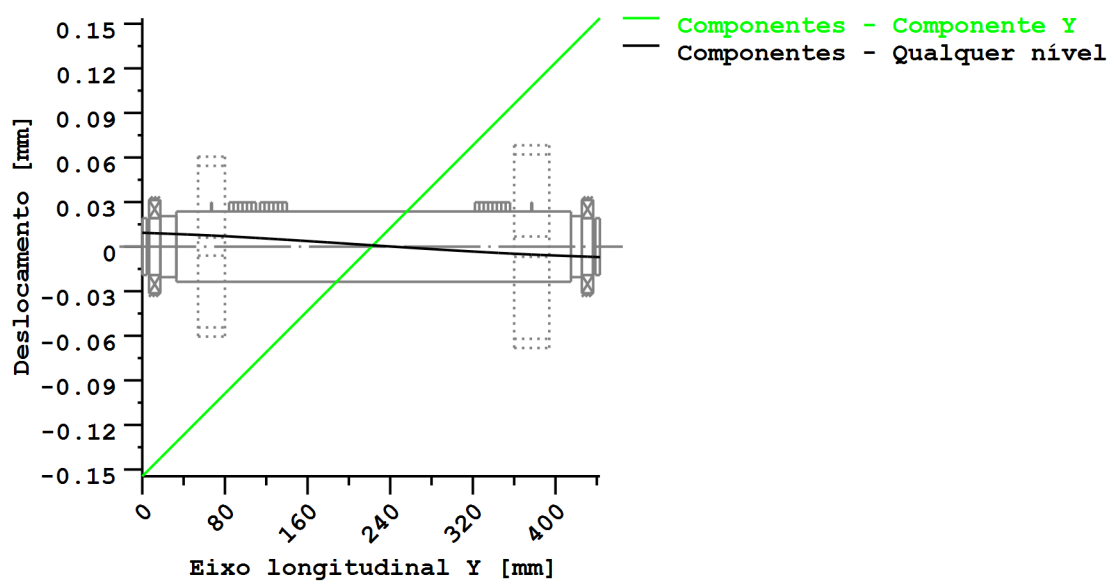


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 74.37966225 121)

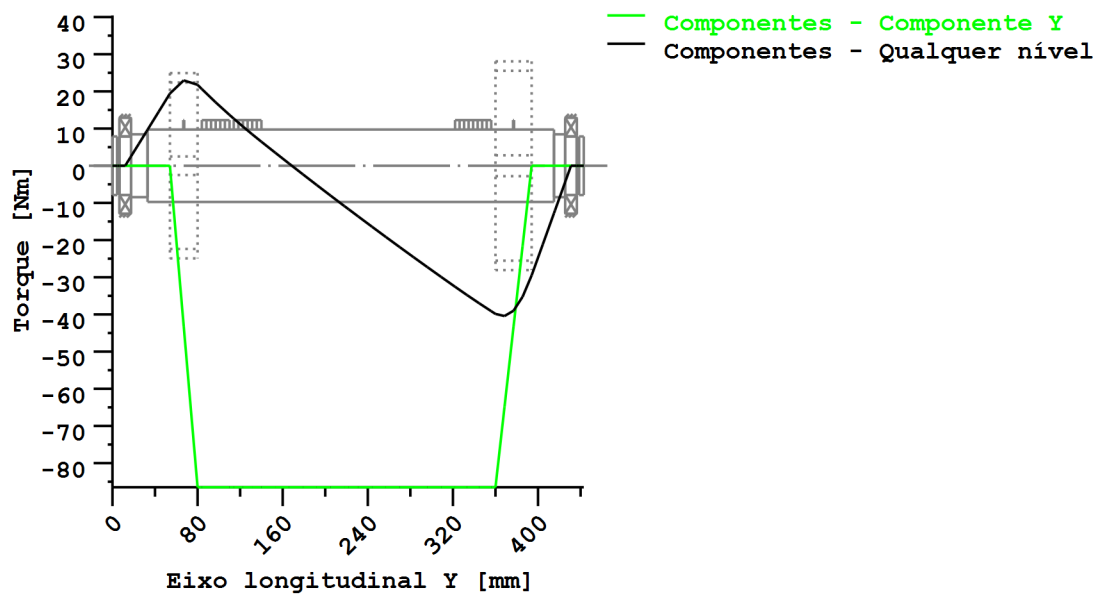


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 31.43814732 121)

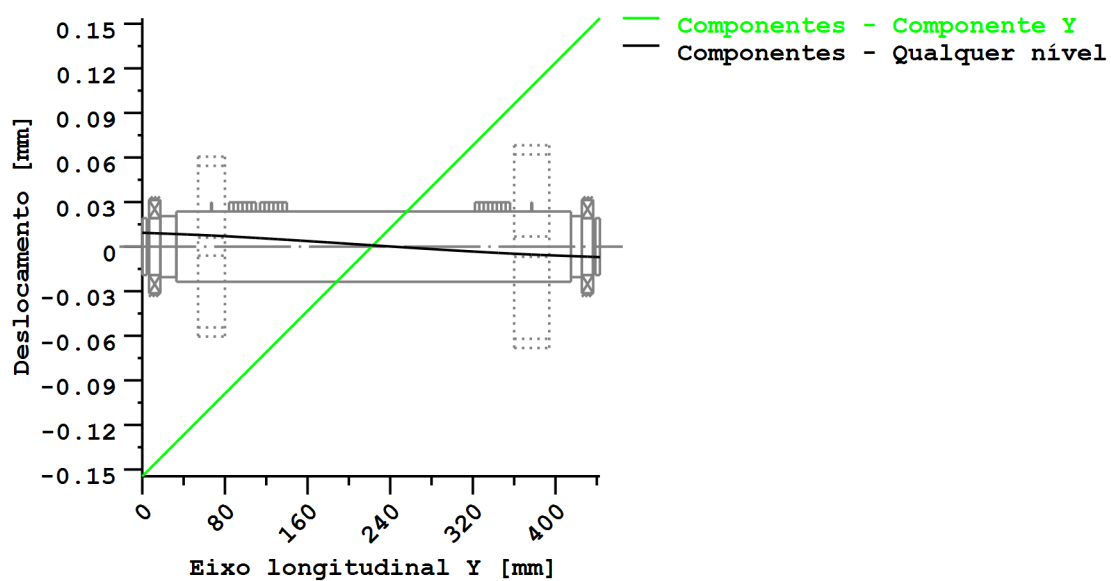


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 74.37966225 121)

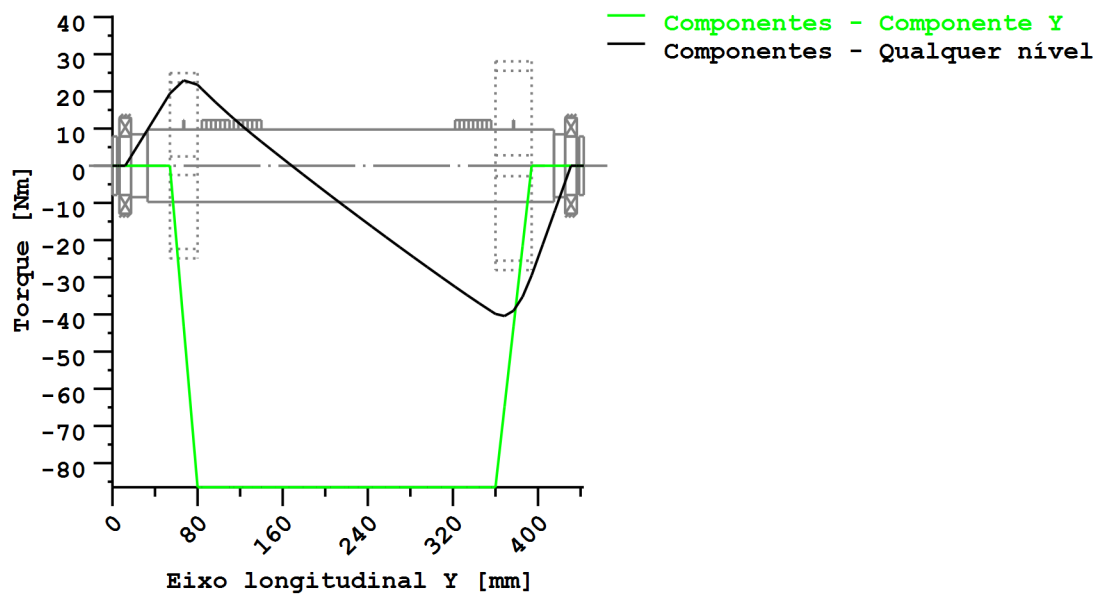


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 31.43814732 121)

Nome : veio 2. z4.z9 anti

Modificado por: up201405960

Data: 21.05.2019

Hora: 18:15:39

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	veio 2
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	443.000
Velocidade (1/min)	1214.48
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material (Entrada própria)	F-10
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	200000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.600
Temperatura (°C)	80.000
Peso do eixo (kg)	12.062
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	23.229
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.063
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	2.459
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens consideradas como massas	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

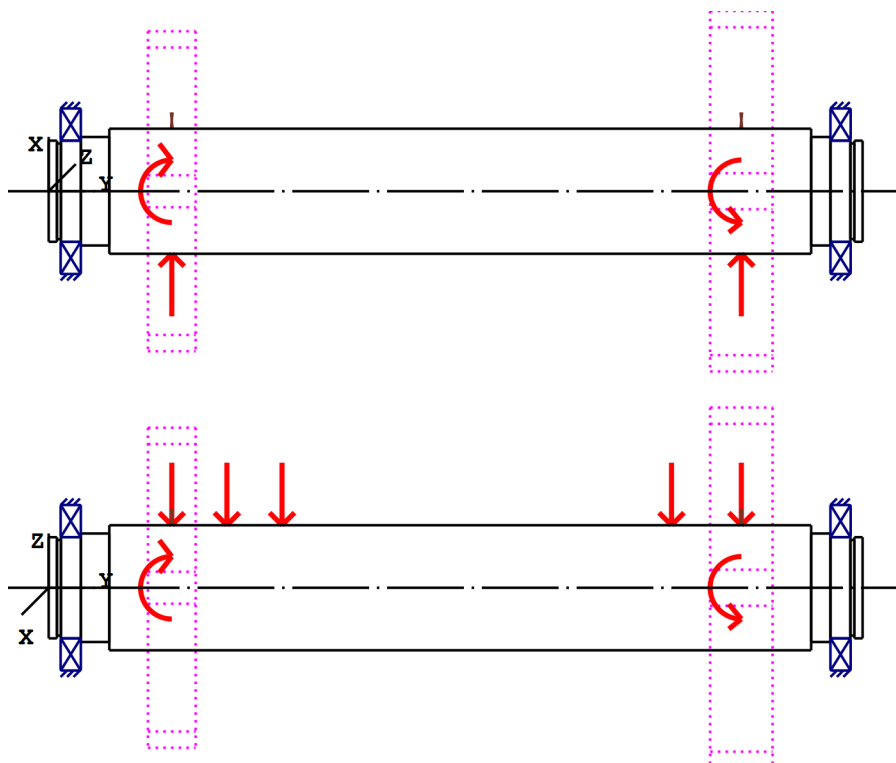


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (veio 2)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro) 0.000mm ... 4.500mm

Diâmetro (mm)	[d]	55.0000
Comprimento (mm)	[l]	4.5000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Chanfro esquerda (Chanfro esquerda)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Cilindro (Cilindro) 4.500mm ... 6.650mm

Diâmetro (mm)	[d]	52.0000
Comprimento (mm)	[l]	2.1500
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio esquerda (Raio esquerda)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio direita (Raio direita)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro) 6.650mm ... 17.500mm

Diâmetro (mm)	[d]	55.0000
Comprimento (mm)	[l]	10.8500
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio direita (Raio direita)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			17.500mm ...	33.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	15.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			33.000mm ...	415.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	68.0000		
Comprimento (mm)	[l]	382.0000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Eixo estriado (Eixo estriado)

-158.000mm ... 224.000mm

$da=68.00$ (mm), $df=62.00$ (mm), $z=8$, Form=B, $l=382.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			415.000mm ...	425.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			425.500mm ...	436.350mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			436.350mm ...	438.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			438.500mm ...	443.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro direita (Chanfro direita)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Forças

Tipo do elemento de força

Designação no modelo

Posição no eixo (mm) [local]

Posição no sistema global (mm) [global]

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

Dente reto

Ângulo de pressão Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)

Posição do contato (°)

Comprimento da aplicação da força (mm)

Potência (kW)

Torque (Nm)

Força axial (N)

Força transversal X (N)

Força transversal Z (N)

Momento fletor X (Nm)

Momento fletor Z (Nm)

Engrenagem cilíndrica

Cylindrical gear

67.0000

67.0000

174.0000

20.0000

184.4100

26.0000

11.0000 acionado (entrada)

-86.4913

0.0000

437.2144

-963.3868

0.0000

-0.0000

Tipo do elemento de força

Designação no modelo

Posição no eixo (mm) [local]

Posição no sistema global (mm) [global]

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

Dente reto

Ângulo de pressão Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)

Posição do contato (°)

Comprimento da aplicação da força (mm)

Potência (kW)

Torque (Nm)

Força axial (N)

Força transversal X (N)

Força transversal Z (N)

Momento fletor X (Nm)

Momento fletor Z (Nm)

Engrenagem cilíndrica

Cylindrical gear

377.0000

377.0000

196.0000

20.0000

99.0950

34.0000

11.0000 acionante (saída)

86.4913

-0.0000

922.2458

-177.6800

0.0000

0.0000

Tipo do elemento de força

Designação no modelo

Posição no eixo (mm) [local]

Posição no sistema global (mm) [global]

Comprimento da aplicação da força (mm)

Potência (kW)

Torque (Nm)

Força axial (N)

Força transversal X (N)

Força transversal Z (N)

Momento fletor X (Nm)

Momento fletor Z (Nm)

Carga cêntrica

z2

97.0000

97.0000

26.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

-54.3770

0.0000

0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z6
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	127.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	127.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-37.3660
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z9
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	339.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	339.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-21.0330
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		A
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	12.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	12.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		B
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	431.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	431.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000

Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _{ul}]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 67.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
m (yS= 67.0000 (mm)): 4.1015 (kg)
Jp: 0.0179 (kg*m²), Jxx: 0.0092 (kg*m²), Jzz: 0.0092 (kg*m²)

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 377.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
m (yS= 377.0000 (mm)): 7.0655 (kg)
Jp: 0.0380 (kg*m²), Jxx: 0.0197 (kg*m²), Jzz: 0.0197 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	14.756
Posição do máximo (mm)	218.000
Centro de massa (mm)	222.057
Soma da carga axial (N)	0.000
Torção sob torque (°)	0.010

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 320		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'A'

Posição (coordenada Y)	[y]	12.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	1.15	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.15	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	75226.98	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	12.16	

Força de reação do mancal	[Fx]	-0.499	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	1.038	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.151	kN (115.67°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.055	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.010	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.065	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	8.266	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	3.833	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-146.199	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-8.143	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-64.79°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.035	mrاد (-0.12')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.000	mrاد (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.039	mrاد (-0.13')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.052	mrاد (0.18')

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'B'

Posição (coordenada Y)	[y]	431.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	0.97	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.97	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	126394.70	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	14.46	
Força de reação do mancal	[Fx]	-0.861	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.444	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.968	kN (152.72°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.050	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.007	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.058	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	7.331	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	7.801	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	145.425	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-4.488	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-29.91°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.042	mrاد (0.14')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.166	mrاد (0.57')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.026	mrاد (0.09')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.049	mrاد (0.17')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	26.59	15.82

Σ	26.59	15.82
---	-------	-------

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2
64.30	54.09

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: A

B2: B

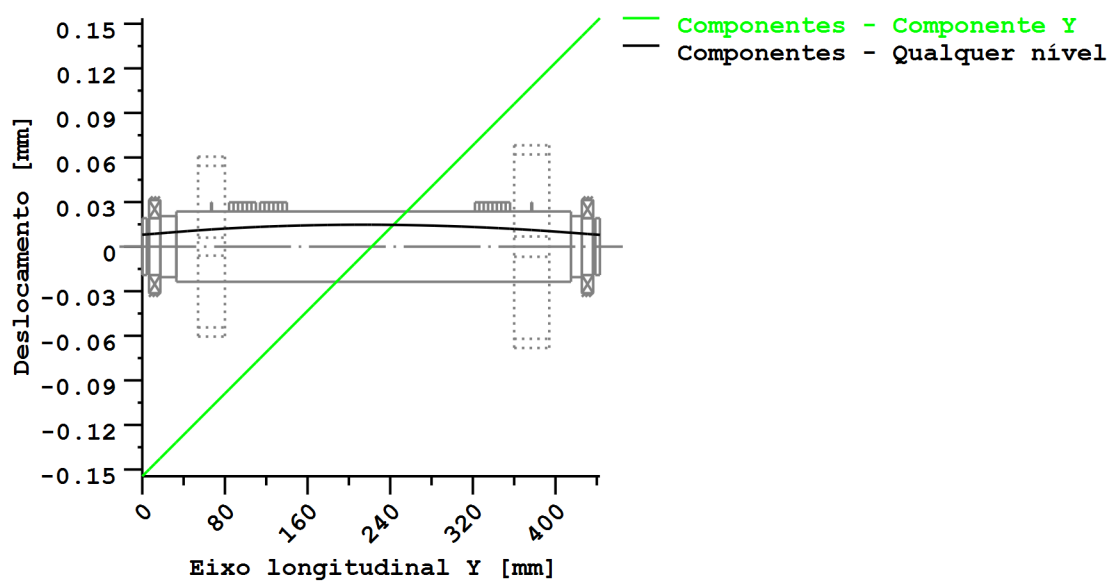
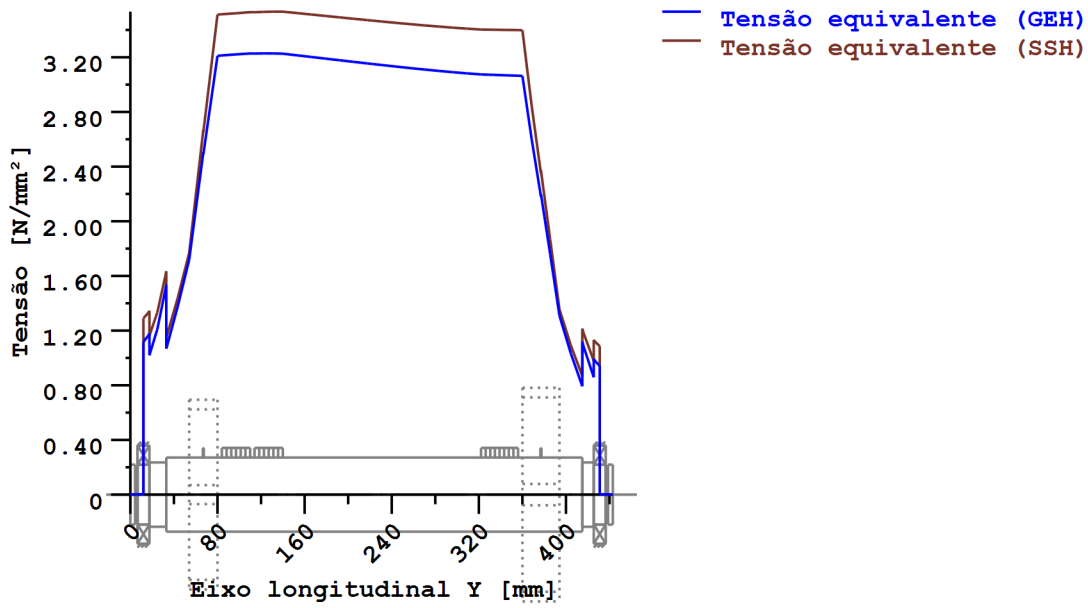


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 311.1337373 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012
com fadiga a baixo número de ciclos análoga à diretriz FKM e ao projeto FVA

Resumo

veio 2

Material	F-10
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da fadiga a baixo número de ciclos e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	17.50	Ressalto do eixo
B-B	32.00	Entalhe circunferencial
C-C	67.00	Eixo estriado
D-D	377.00	Eixo estriado
E-E	416.00	Entalhe circunferencial
F-F	425.50	Ressalto do eixo
G-G	4.50	Ressalto do eixo
H-H	438.50	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfs	K2d	SD	SS
A-A	1.82	0.91	0.87	341.61	615.00
B-B	2.22	0.91	0.86	85.84	187.83
C-C	1.07	1.00	0.85	79.15	71.70
D-D	1.07	1.00	0.85	93.31	82.47
E-E	2.22	0.91	0.86	135.75	297.03
F-F	1.82	0.91	0.87	404.35	727.95
G-G	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99
H-H	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99

Seguranças nominais: 1.20 2.00

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfs: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Vida útil e dano

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] 1000000.00

Dano do sistema (%) [D] 0.00

Dano (%) [H] (20000.0 h)

Cálculo da confiabilidade R(t) com distribuição Weibull; t em (h):

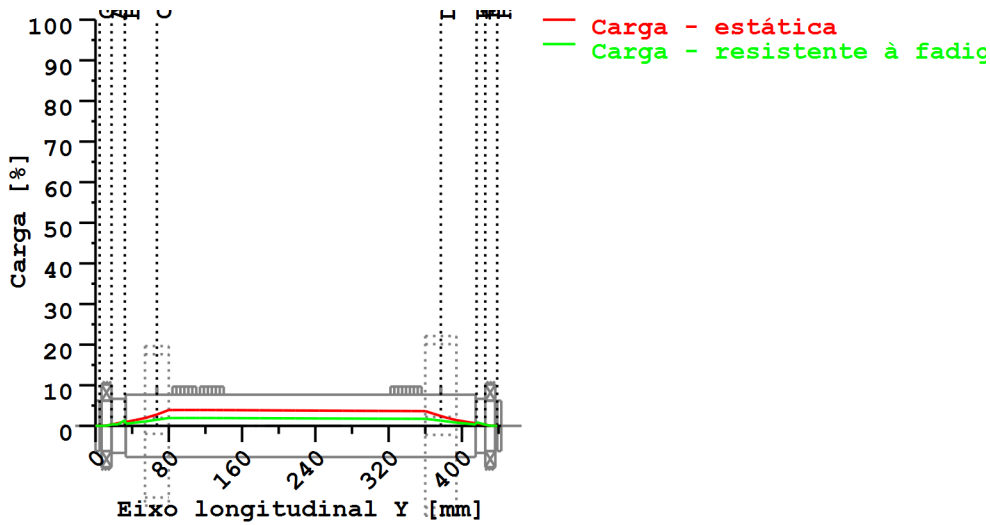
$$R(t) = 100 * \text{Exp}(-((t^{\text{fac}} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$$

Welle	fac	b	t0	T
1	72869	1.5	6.645e+010	1.409e+011

Dano da seção transversal (%)	[D]
A-A:	0.00
B-B:	0.00
C-C:	0.00
D-D:	0.00
E-E:	0.00
F-F:	0.00
G-G:	0.00
H-H:	0.00

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal	Estática	Resistente à fadiga
A-A	0.325	0.351
B-B	1.065	1.398
C-C	2.789	1.516
D-D	2.425	1.286
E-E	0.673	0.884
F-F	0.275	0.297
G-G	0.010	0.010
H-H	0.010	0.010
Utilização máxima (%)	[A]	2.789



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação: veio 2
 Desenho:
 Comprimento (mm): [l] 443.00
 Velocidade (1/min): [n] 1214.48

Material: F-10
 Tipo de material: Aço beneficiado
 Tratamento do material: sem liga, beneficiado
 Tratamento de superfícies: Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm): [dB] 70.00

σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²): [σB] 580.00

σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²): [σS] 305.00

[σdW] (bei dB) (N/mm²): 232.00

[σbW] (bei dB) (N/mm²): 290.00

[τtW] (bei dB) (N/mm²): 174.00

Espessura matéria-prima (mm): [dWerkst] 70.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3

Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro de eixo D

de forma escalonada, sendo o fator dimensional K1d calculado com o diâmetro do eixo d

Valores de resistência de material determinados a partir do diâmetro do eixo

(Requisito: melhoramento do eixo torneado)

Indicação: Os seguintes valores de materiais são válidos só exatamente para a primeira seção transversal; os outros são determinados de acordo com o

respetivo "Diâmetro para fator dimensional".

[σBeff] (N/mm²)	580.00
[σSeff] (N/mm²)	305.00
[σbF] (N/mm²)	366.00
[τtF] (N/mm²)	211.31
[σBRand] (N/mm²)	628.00

[σzdW] (N/mm²)	232.00
[σbW] (N/mm²)	290.00
[τtW] (N/mm²)	174.00

Fadiga a baixo número de ciclos para solicitação de nível único

Vida útil nominal	[H]	20000.00
Número de ciclos de carga (Mio)	[NL]	1457.380

Dados da linha "Wöhler" semelhantes aos da diretiva FKM:

[kσ, kτ]	5	8
[kDσ, kDτ]	0	0
[NDσ, NDτ]	1e+006	1e+006
[NDσII, NDτII]	0	0

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	17.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

Carga: (N) (Nm)	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	6.3	0.0	1148.6
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	10.7	0.0	1952.5
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.385	0.000	0.645
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.655	0.000	1.096

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

Fator de influência sens. média tensão.	[σWK]	113.205	131.549	107.307
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000

Segurança contra fadiga	[S]	341.613		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	28467.8		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		614.998	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		30749.9	

Seção transversal 'B-B' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	32.000		
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000		
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)		57.000	1.000	1.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

Carga: (N) (Nm)		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	22.9	0.0	1145.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	39.0	0.0	1947.9
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	1.261	0.000	0.599
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	2.143	0.000	1.018

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		85.842	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		7153.5	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		187.828	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		9391.4	

Seção transversal 'C-C' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			67.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	21.6	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	59.4	21.6	608.5
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	101.0	73.5	1034.5
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.462	0.000
[σzda, oba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	2.540	0.462	0.269
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	4.319	1.571	0.457

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	1.000
[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.800
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.462

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.381	214.327	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.381	214.327	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		79.153	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		6596.1	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.000	1.000	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		71.703	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		3585.2	

Seção transversal 'D-D' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			377.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	21.6	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	48.3	21.6	482.2
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	82.0	73.5	819.7
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.462	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	2.062	0.462	0.213
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	3.506	1.571	0.362

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.800
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.462

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.381	210.775	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.381	210.775	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		93.308	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		7775.7	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		82.470	

Segurança nominal	[Smin]	2.000
Resultado (%)	[S/Smin]	4123.5

Seção transversal 'E-E' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	416.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000
Efeito de entalhe	Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)	57.000 1.000 1.000	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	14.5	0.0	966.1
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	24.6	0.0	1642.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.797	0.000	0.505
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.355	0.000	0.858

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.919	2.816
Quebra de tensão relacionada	[G]	2.333	2.333
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		135.750	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		11312.5	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		297.029	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		14851.5	

Seção transversal 'F-F' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	425.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	5.3	0.0	967.0
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	9.0	0.0	1643.9
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.325	0.000	0.543
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.553	0.000	0.923

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337	1.611
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600	1.150
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281	1.187
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824	1.357
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205	1.622

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	113.205	131.549	107.307
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		404.354	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		33696.1	

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		727.948	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		36397.4	

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	4.500
-----------------------------	-----	-------

Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000			
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000			
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000			
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo		
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500		
Rugosidade média (µm)		[Rz]	8.000		
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.3
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.002	0.000	0.000
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	0.003	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)					
	[σWK]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[ψσK]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)					
	[σFK]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Seção transversal 'H-H' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	438.500		
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000		
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500	

Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo	[Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm^2)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7

Tensões: (N/mm^2)					
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_{m} , τ_{qm}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_{a} , τ_{qa}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.001
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm^2)		0.000	0.000	0.000	0.001

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_{B})]	1.000			
	[K1(σ_{S})]	1.000			

		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm^2)	[σ_{mV}]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[τ_{mV}]	0.000			

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm^2)

	[σ_{WK}]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[$\psi\sigma_{\text{K}}$]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ADK}]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ANK}]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm^2)					
	[σ_{FK}]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
 - Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.
- Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

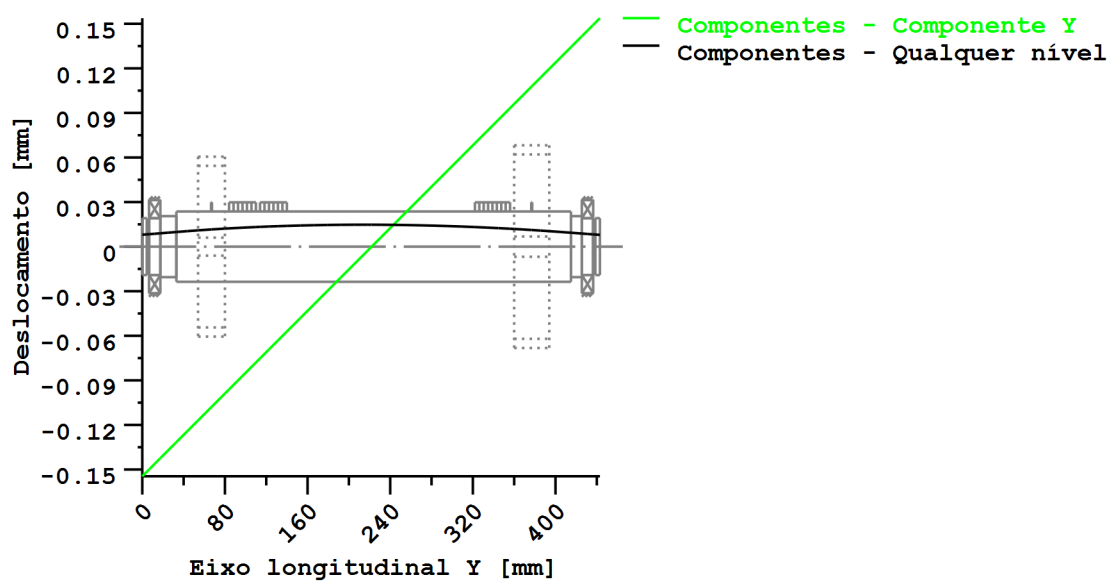


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 311.1337373 121)

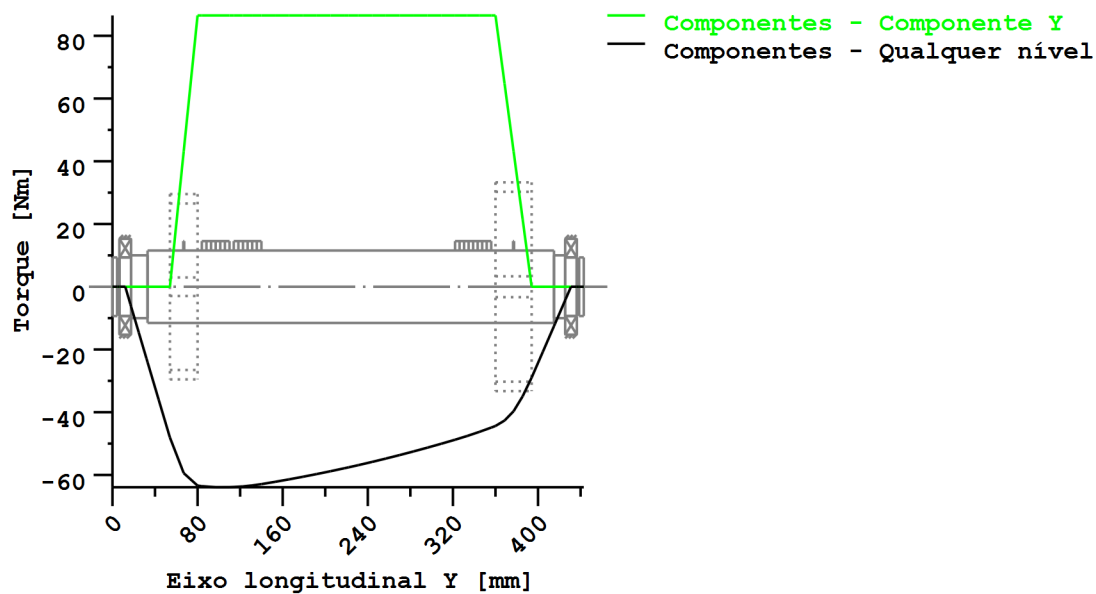


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 117.2482051 121)

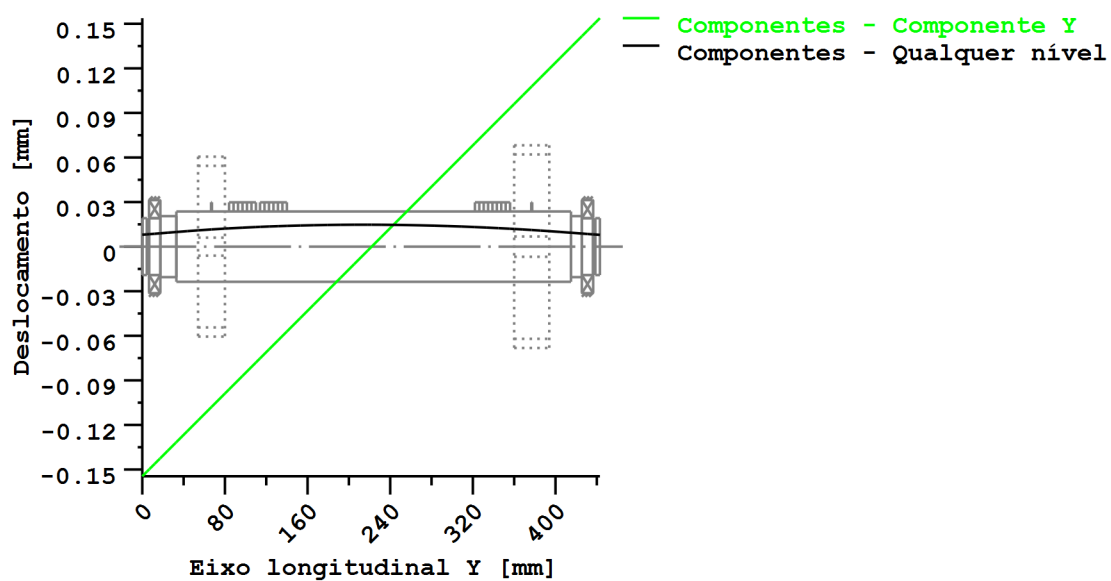


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 311.1337373 121)

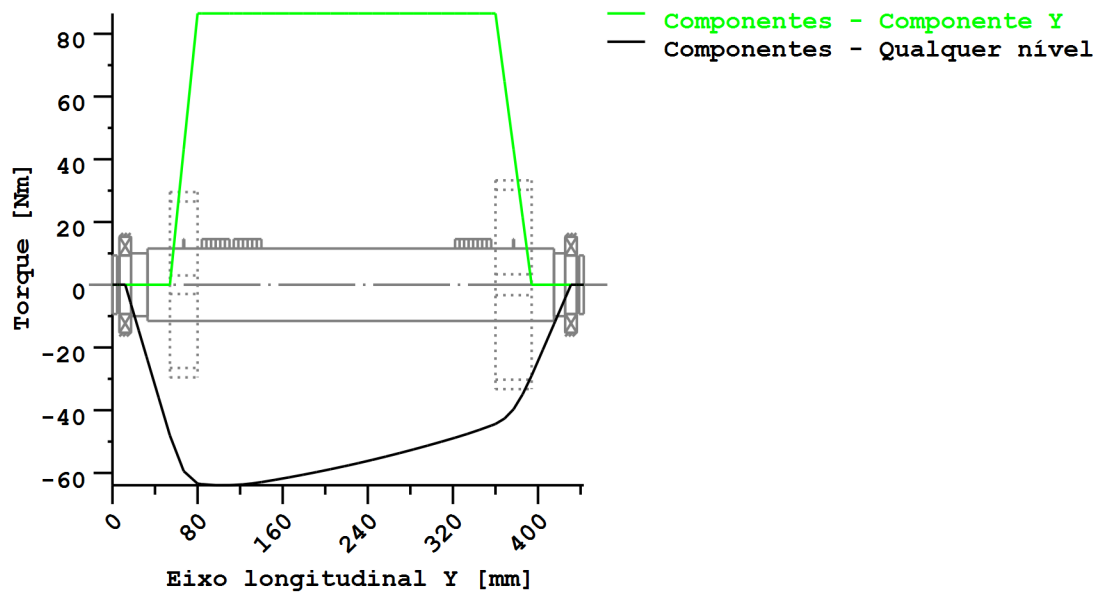


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 117.2482051 121)

Nome : veio 2. z6.z9

Modificado por: up201405960

Data: 21.05.2019

Hora: 18:32:23

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	veio 2
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	443.000
Velocidade (1/min)	1693.27
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material (Entrada própria)	F-10
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	200000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.600
Temperatura (°C)	80.000
Peso do eixo (kg)	12.062
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	22.279
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.056
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	2.205
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens consideradas como massas	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

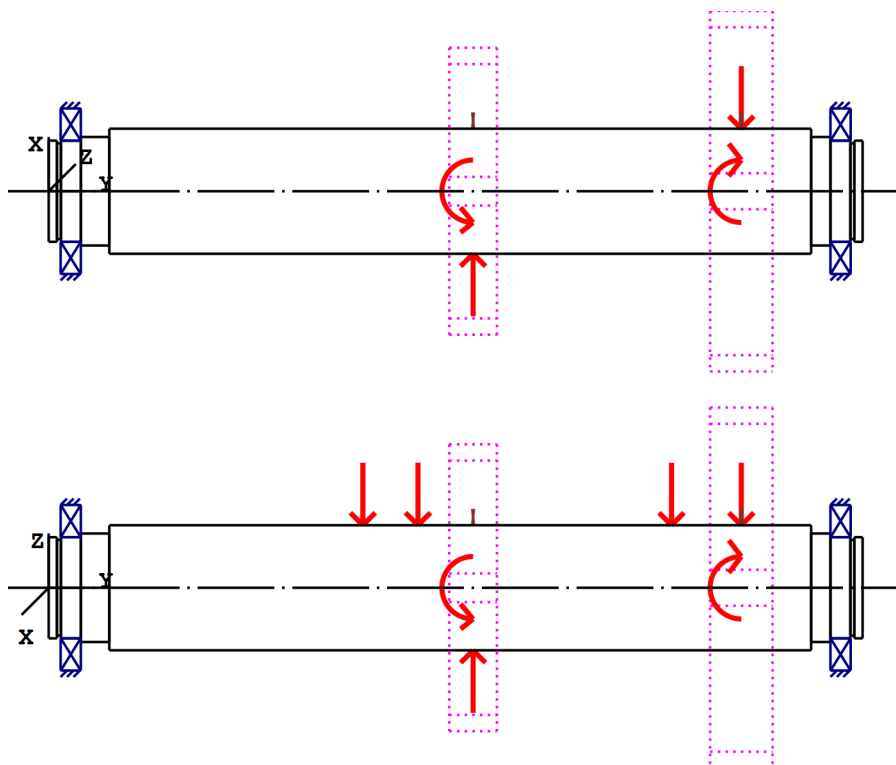


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (veio 2)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro) 0.000mm ... 4.500mm

Diâmetro (mm)	[d]	55.0000
Comprimento (mm)	[l]	4.5000
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000

Chanfro esquerda (Chanfro esquerda)

l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Cilindro (Cilindro) 4.500mm ... 6.650mm

Diâmetro (mm)	[d]	52.0000
Comprimento (mm)	[l]	2.1500
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000

Raio esquerda (Raio esquerda)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2μm/125μin)

Raio direita (Raio direita)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2μm/125μin)

Cilindro (Cilindro) 6.650mm ... 17.500mm

Diâmetro (mm)	[d]	55.0000
Comprimento (mm)	[l]	10.8500
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000

Raio direita (Raio direita)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			17.500mm ...	33.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	15.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			33.000mm ...	415.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	68.0000		
Comprimento (mm)	[l]	382.0000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Eixo estriado (Eixo estriado)

-158.000mm ... 224.000mm

$da=68.00$ (mm), $df=62.00$ (mm), $z=8$, Form=B, $l=382.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			415.000mm ...	425.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			425.500mm ...	436.350mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			436.350mm ...	438.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			438.500mm ...	443.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro direita (Chanfro direita)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Forças

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	231.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	231.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		156.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		184.4100
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		11.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)		62.0352
Força axial (N)		-0.0000
Força transversal X (N)		227.4620
Força transversal Z (N)		815.2268
Momento fletor X (Nm)		-0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		Cylindrical gear
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	377.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	377.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		196.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		99.0950
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		11.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)		-62.0352
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		-588.6343
Força transversal Z (N)		-327.5624
Momento fletor X (Nm)		-0.0000
Momento fletor Z (Nm)		-0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z4
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	171.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	171.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-46.2840
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z2
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	201.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	201.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-54.3770
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z9
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	339.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	339.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-21.0330
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		A
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	12.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	12.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		B
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	431.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	431.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000

Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _{ul}]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 231.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
 m (yS= 231.0000 (mm)): 3.1518 (kg)
 Jp: 0.0114 (kg*m²), Jxx: 0.0059 (kg*m²), Jzz: 0.0059 (kg*m²)

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 377.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
 m (yS= 377.0000 (mm)): 7.0655 (kg)
 Jp: 0.0380 (kg*m²), Jxx: 0.0197 (kg*m²), Jzz: 0.0197 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	9.340
Posição do máximo (mm)	443.000
Centro de massa (mm)	222.057
Soma da carga axial (N)	0.000
Torção sob torque (°)	-0.003

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 320		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'A'

Posição (coordenada Y)	[y]	12.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	0.20	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.20	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	68.74	

Força de reação do mancal	[Fx]	-0.033	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	-0.201	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.204	kN (-99.24°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.025	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.001	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.026	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	4.598	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	1.811	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-146.199	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	8.816	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (78.39°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.001	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.024	mrad (0.08')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.024	mrad (0.08')

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'B'

Posição (coordenada Y)	[y]	431.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	0.40	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.40	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	35.22	
Força de reação do mancal	[Fx]	0.394	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.054	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.398	kN (7.75°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.036	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.002	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.038	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	6.752	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-8.881	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	145.425	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-1.459	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-170.67°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.045	mrad (-0.15')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.056	mrad (-0.19')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.020	mrad (0.07')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.049	mrad (0.17')

Dano (%) [L_{req}] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	2.00	2.00

Σ	2.00	2.00
----------	------	------

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2
27.14	27.14

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: A

B2: B

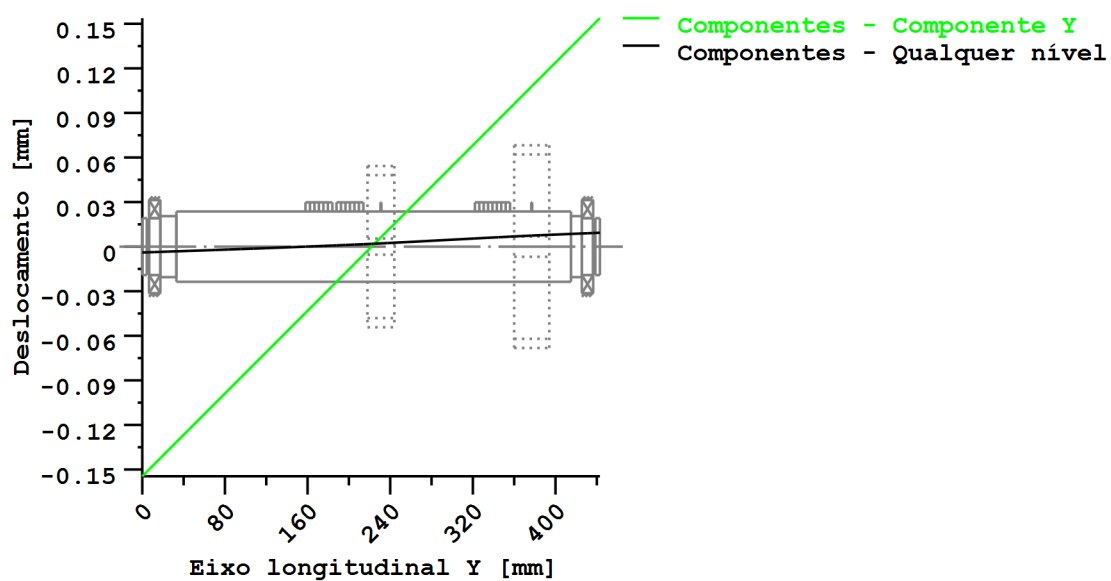
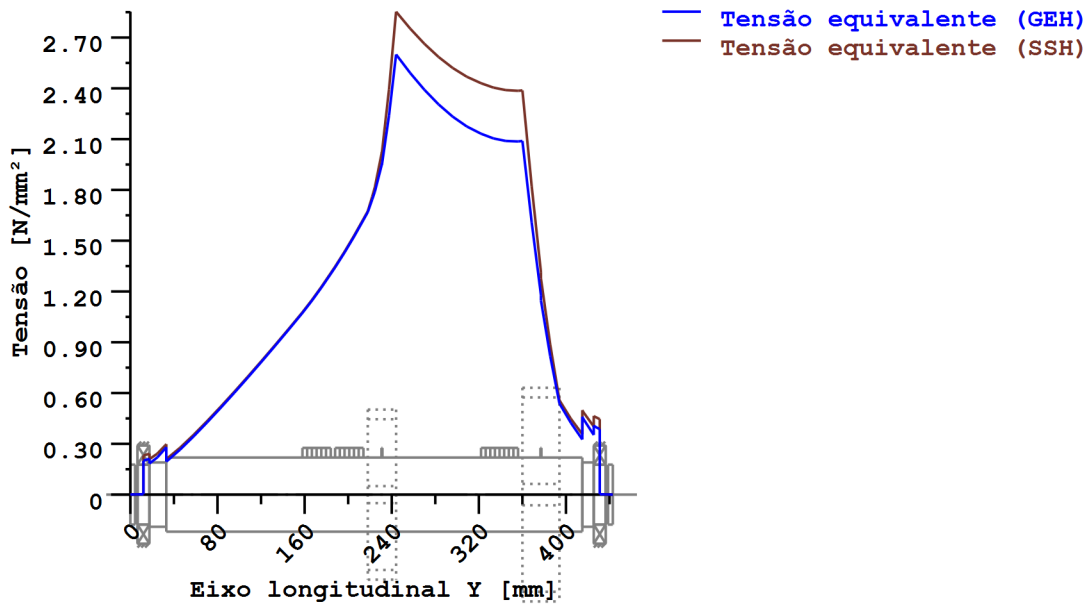


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 192.3364462 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

**Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012
com fadiga a baixo número de ciclos análoga à diretriz FKM e ao projeto FVA**

Resumo

veio 2

Material	F-10
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da fadiga a baixo número de ciclos e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	17.50	Ressalto do eixo
B-B	32.00	Entalhe circunferencial
C-C	231.00	Eixo estriado
D-D	377.00	Eixo estriado
E-E	416.00	Entalhe circunferencial
F-F	425.50	Ressalto do eixo
G-G	4.50	Ressalto do eixo
H-H	438.50	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfs	K2d	SD	SS
A-A	1.82	0.91	0.87	1883.03	3389.96
B-B	2.22	0.91	0.86	472.85	1034.63
C-C	1.07	1.00	0.85	91.89	84.76
D-D	1.07	1.00	0.85	193.91	153.65
E-E	2.22	0.91	0.86	330.52	723.19
F-F	1.82	0.91	0.87	984.41	1772.21
G-G	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99
H-H	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99

Seguranças nominais: 1.20 2.00

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfs: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Vida útil e dano

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] 1000000.00

Dano do sistema (%) [D] 0.00

Dano (%) [H] (20000.0 h)

Cálculo da confiabilidade R(t) com distribuição Weibull; t em (h):

$$R(t) = 100 * \exp(-((t^{*fac} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$$

Welle	fac	b	t0	T
1	101596	1.5	9.264e+010	1.965e+011

Dano da seção transversal (%)

[D]

A-A:	0.00
B-B:	0.00
C-C:	0.00
D-D:	0.00
E-E:	0.00
F-F:	0.00
G-G:	0.00
H-H:	0.00

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal

Estática

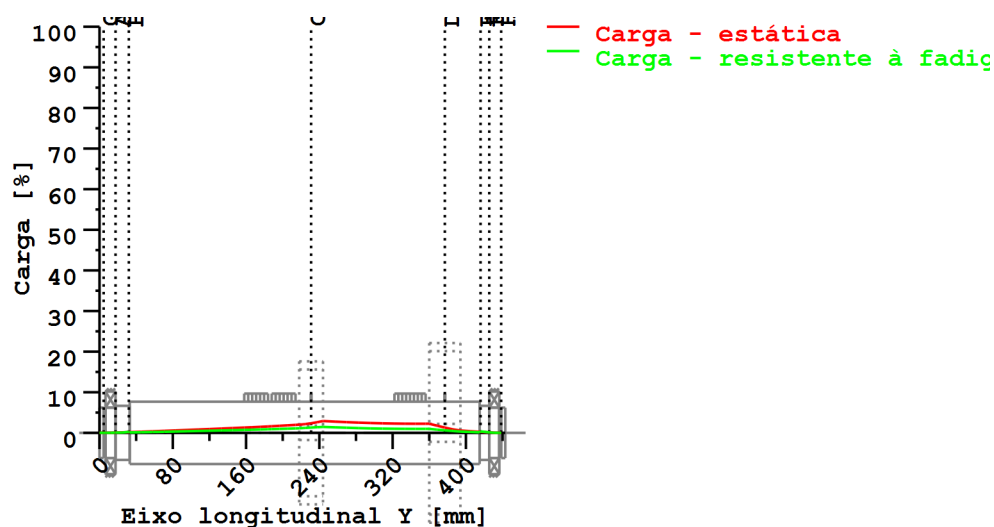
Resistente à fadiga

A-A	0.059	0.064
B-B	0.193	0.254
C-C	2.360	1.306
D-D	1.302	0.619
E-E	0.277	0.363
F-F	0.113	0.122
G-G	0.010	0.010
H-H	0.010	0.010

Utilização máxima (%)

[A]

2.360



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação veio 2
Desenho
Comprimento (mm) [l] 443.00
Velocidade (1/min) [n] 1693.27

Material F-10
Tipo de material Aço beneficiado
Tratamento do material sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm) [dB] 70.00
 σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σB] 580.00
 σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σS] 305.00

[σdW] (bei dB) (N/mm²) 232.00
[σbW] (bei dB) (N/mm²) 290.00
[τtW] (bei dB) (N/mm²) 174.00
Espessura matéria-prima (mm) [dWerkst] 70.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3

Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro de eixo D de forma escalonada, sendo o fator dimensional K1d calculado com o diâmetro do eixo d
Valores de resistência de material determinados a partir do diâmetro do eixo (Requisito: melhoramento do eixo torneado)

Indicação: Os seguintes valores de materiais são válidos só exatamente para a primeira seção transversal; os outros são determinados de acordo com o

respetivo "Diâmetro para fator dimensional".

[σBeff] (N/mm²)	580.00
[σSeff] (N/mm²)	305.00
[σbF] (N/mm²)	366.00
[τtF] (N/mm²)	211.31
[σBRand] (N/mm²)	628.00

[σzdW] (N/mm²)	232.00
[σbW] (N/mm²)	290.00
[τtW] (N/mm²)	174.00

Fadiga a baixo número de ciclos para solicitação de nível único

Vida útil nominal	[H]	20000.00
Número de ciclos de carga (Mio)	[NL]	2031.923

Dados da linha "Wöhler" semelhantes aos da diretiva FKM:

[kσ, kτ]	5	8
[kDσ, kDτ]	0	0
[NDσ, NDτ]	1e+006	1e+006
[NDσII, NDτII]	0	0

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	17.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	1.1	0.0	206.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	1.9	0.0	351.6
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.070	0.000	0.116
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.119	0.000	0.197

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

Fator de influência sens. média tensão.	[σWK]	113.205	131.549	107.307
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000

Segurança contra fadiga	[S]	1883.025		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	156918.8		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		3389.963	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		169498.1	

Seção transversal 'B-B' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	32.000		
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000		
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)		57.000	1.000	1.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

Carga: (N) (Nm)			Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio						
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0	
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	4.2	0.0	209.8	
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	7.1	0.0	356.7	
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)						
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8	

Tensões: (N/mm ²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	0.229	0.000	0.110
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	0.389	0.000	0.186

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

			Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959	
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174	
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990	

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000		
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000		

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		472.852	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		39404.3	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		1034.628	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		51731.4	

Seção transversal 'C-C' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]		231.000	
Diâmetro externo (mm)	[da]		68.000	
Diâmetro interno (mm)	[di]		0.000	
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]		68.000	
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	15.5	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	53.0	15.5	92.3
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	90.1	52.7	157.0
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.331	0.000
[σzda, oba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	2.266	0.331	0.041
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	3.852	1.127	0.069

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	1.000
[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.574
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.331

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.530	217.422	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.530	217.422	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		91.890	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		7657.5	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.000	1.000	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		84.763	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		4238.2	

Seção transversal 'D-D' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			377.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)	68.000	62.000	0	0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	15.5	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	18.8	15.5	219.3
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	32.0	52.7	372.8
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.331	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.803	0.331	0.097
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.366	1.127	0.165

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe [dB] (mm) = 29.0	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.574
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.331

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.530	196.236	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.530	196.236	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		193.906	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		16158.8	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		153.652	

Segurança nominal	[Smin]	2.000
Resultado (%)	[S/Smin]	7682.6

Seção transversal 'E-E' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	416.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000
Efeito de entalhe		Entalhe circunferencial
[d, r, t] (mm)	57.000 1.000 1.000	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	6.0	0.0	396.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	10.1	0.0	674.6
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.327	0.000	0.207
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.557	0.000	0.353

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.919	2.816
Quebra de tensão relacionada	[G]	2.333	2.333
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		330.515	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		27542.9	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		723.186	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		36159.3	

Seção transversal 'F-F' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	425.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	2.2	0.0	397.1
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	3.7	0.0	675.1
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.134	0.000	0.223
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.227	0.000	0.379

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337	1.611
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600	1.150
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281	1.187
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824	1.357
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205	1.622

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	113.205	131.549	107.307
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		984.408	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		82034.0	

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		1772.205	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		88610.3	

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	4.500
-----------------------------	-----	-------

Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000			
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000			
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000			
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo		
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500		
Rugosidade média (µm)		[Rz]	8.000		
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.0	0.0	0.9
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.5
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.001	0.000	0.001
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	0.001	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)					
	[σWK]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[ψσK]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)					
	[σFK]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Seção transversal 'H-H' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	438.500		
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000		
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500	

Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000		
	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm^2)				
[A, Wb, Wt, A]	2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm^2)				
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_{m} , τ_{qm}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_{a} , τ_{qa}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.001
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_{B})]	1.000		
	[K1(σ_{S})]	1.000		
	Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:				
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[σ_{mV}]	0.000		
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[τ_{mV}]	0.000		
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm^2)				
	[σ_{WK}]	106.335	122.915	103.696
Fator de influência sens. média tensão.				
	[$\psi\sigma_{\text{K}}$]	0.101	0.119	0.098
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ADK}]	106.335	122.915	103.696
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ANK}]	106.335	122.915	103.696
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm^2)				
	[σ_{FK}]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		9999.990	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
 - Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.
- Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

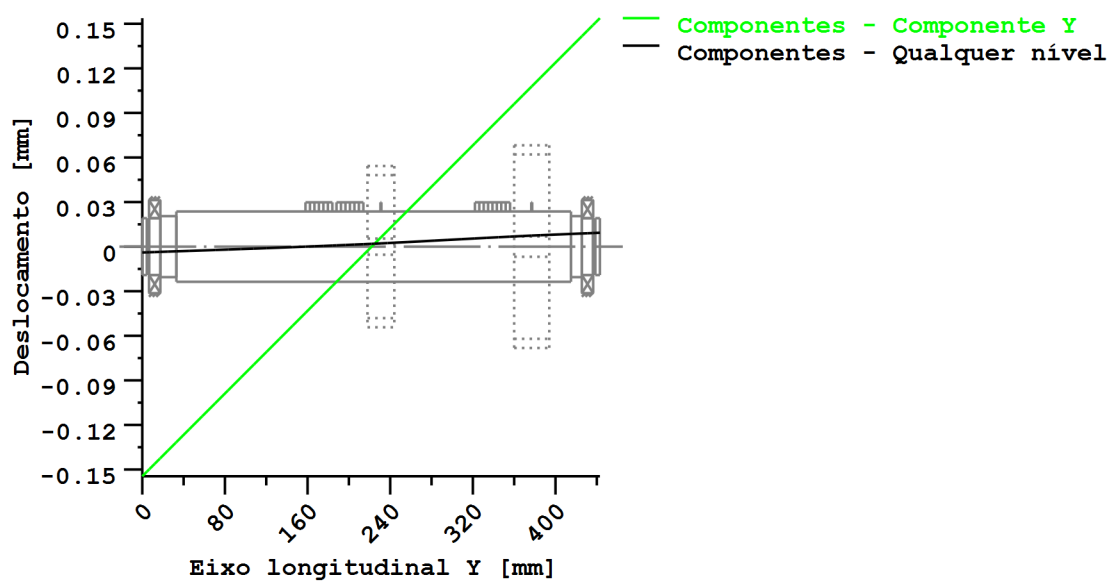


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 192.3364462 121)

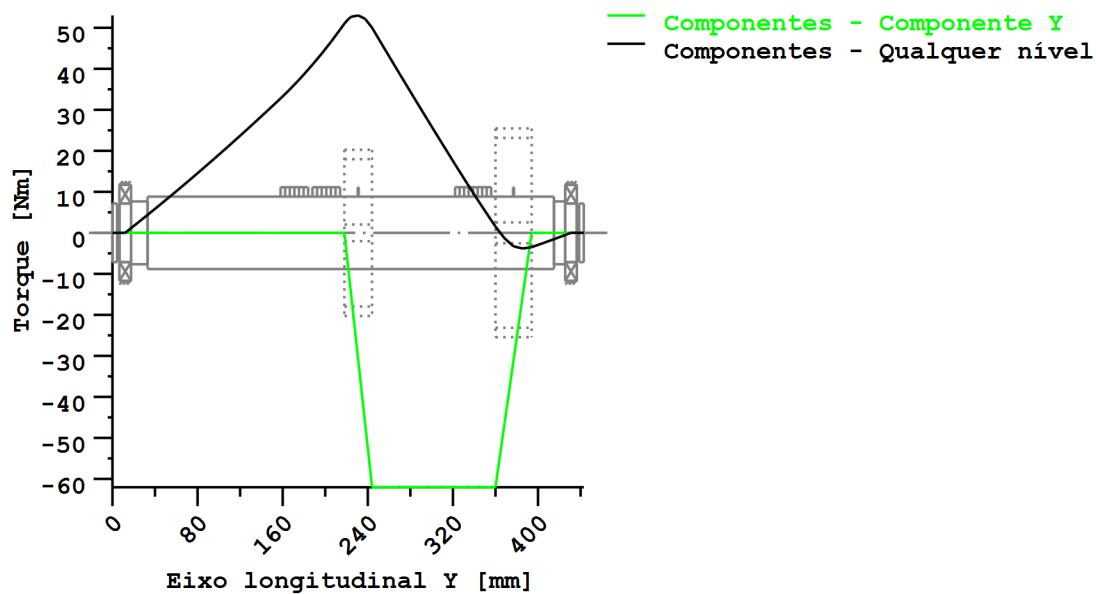


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 83.03586053 121)

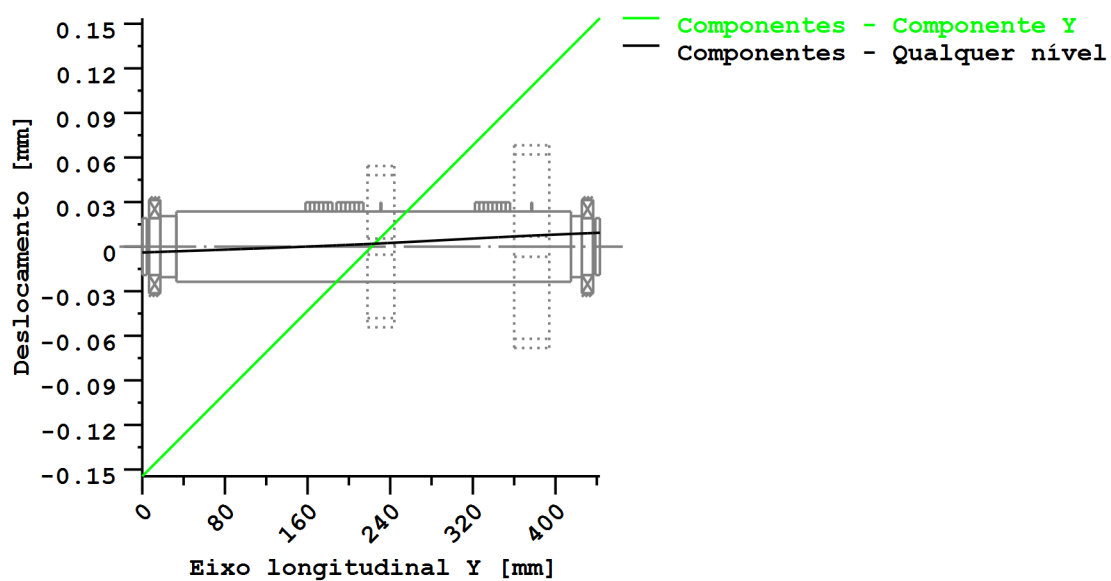


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 192.3364462 121)

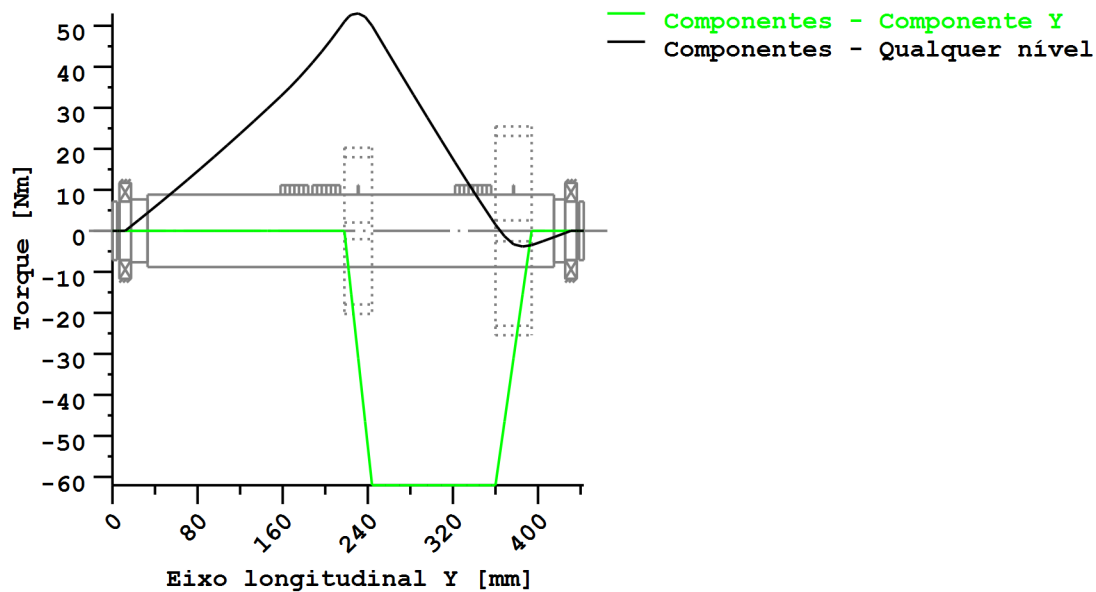


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 83.03586053 121)

Nome : veio 2. z6.z9 anti

Modificado por: up201405960

Data: 21.05.2019

Hora: 18:28:45

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	veio 2
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	443.000
Velocidade (1/min)	1693.27
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material (Entrada própria)	F-10
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	200000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.600
Temperatura (°C)	80.000
Peso do eixo (kg)	12.062
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	22.279
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.056
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	2.205
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens consideradas como massas	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

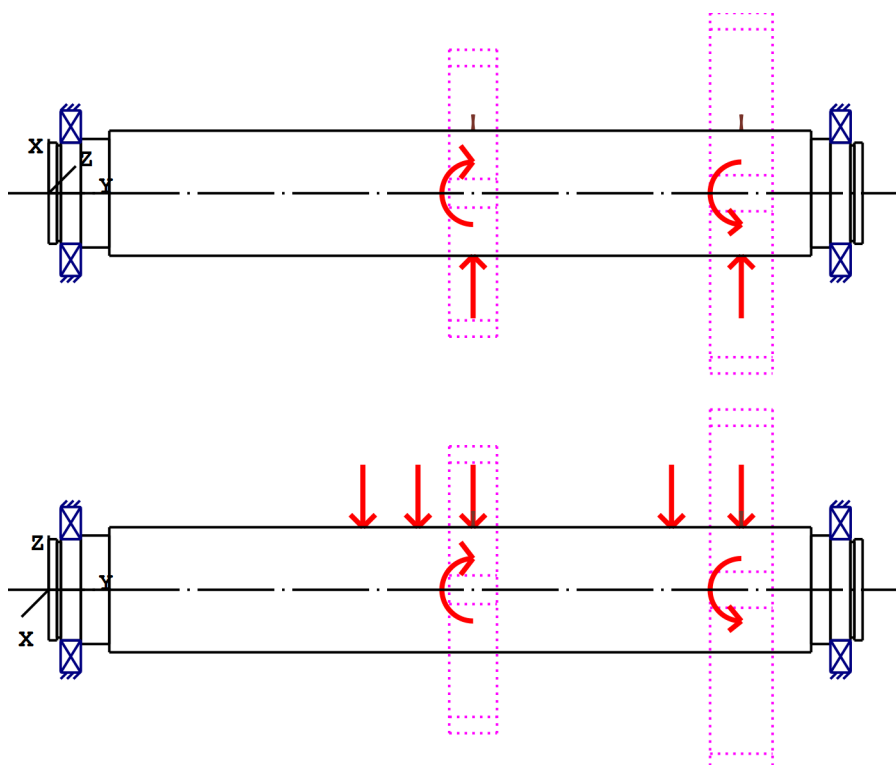


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (veio 2)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro)			0.000mm ...	4.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro esquerda (Chanfro esquerda)

l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Cilindro (Cilindro)			4.500mm ...	6.650mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio direita (Raio direita)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro)			6.650mm ...	17.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000		

Raio direita (Raio direita)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			17.500mm ...	33.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	15.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			33.000mm ...	415.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	68.0000		
Comprimento (mm)	[l]	382.0000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Eixo estriado (Eixo estriado)

-158.000mm ... 224.000mm

$da=68.00$ (mm), $df=62.00$ (mm), $z=8$, Form=B, $l=382.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			415.000mm ...	425.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	59.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Entalhe circunferencial (Entalhe circunferencial)

$t=1.00$ (mm), $r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			425.500mm ...	436.350mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	10.8500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=1.00$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			436.350mm ...	438.500mm
Diâmetro (mm)	[d]	52.0000		
Comprimento (mm)	[l]	2.1500		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Raio esquerda (Raio esquerda)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $Rz=8.0$, Rodado ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro)			438.500mm ...	443.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000		
Comprimento (mm)	[l]	4.5000		
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000		

Chanfro direita (Chanfro direita)
l=1.00 (mm), alpha=45.00 (°)

Forças

Tipo do elemento de força

Designação no modelo

Posição no eixo (mm) [local]

Posição no sistema global (mm) [global]

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

Dente reto

Ângulo de pressão Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)

Posição do contato (°)

Comprimento da aplicação da força (mm)

Potência (kW)

Torque (Nm)

Força axial (N)

Força transversal X (N)

Força transversal Z (N)

Momento fletor X (Nm)

Momento fletor Z (Nm)

Engrenagem cilíndrica

Cylindrical gear

231.0000

231.0000

156.0000

20.0000

184.4100

26.0000

11.0000 acionado (entrada)

-62.0352

0.0000

349.7716

-770.7097

0.0000

-0.0000

Tipo do elemento de força

Designação no modelo

Posição no eixo (mm) [local]

Posição no sistema global (mm) [global]

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

Dente reto

Ângulo de pressão Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)

Posição do contato (°)

Comprimento da aplicação da força (mm)

Potência (kW)

Torque (Nm)

Força axial (N)

Força transversal X (N)

Força transversal Z (N)

Momento fletor X (Nm)

Momento fletor Z (Nm)

Engrenagem cilíndrica

Cylindrical gear

377.0000

377.0000

196.0000

20.0000

99.0950

34.0000

11.0000 acionante (saída)

62.0352

-0.0000

661.4730

-127.4395

0.0000

0.0000

Tipo do elemento de força

Designação no modelo

Posição no eixo (mm) [local]

Posição no sistema global (mm) [global]

Comprimento da aplicação da força (mm)

Potência (kW)

Torque (Nm)

Força axial (N)

Força transversal X (N)

Força transversal Z (N)

Momento fletor X (Nm)

Momento fletor Z (Nm)

Carga cêntrica

z4

171.0000

171.0000

26.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

-46.2840

0.0000

0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z2
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	201.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	201.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		26.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-54.3770
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		z9
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	339.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	339.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		34.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		-21.0330
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		A
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	12.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	12.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		B
Tipo de mancal		SKF 16011
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[Ylocal]	431.000
Posição do mancal (mm)	[Yglobal]	431.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000

Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	11.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.600
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	14.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	20.300
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _{ul}]	0.695
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 231.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
 m (yS= 231.0000 (mm)): 3.1518 (kg)
 Jp: 0.0114 (kg*m²), Jxx: 0.0059 (kg*m²), Jzz: 0.0059 (kg*m²)

Eixo 'veio 2': A massa do seguinte elemento é tida em conta (y= 377.0000 (mm)): Engrenagem cilíndrica 'Cylindrical gear'
 m (yS= 377.0000 (mm)): 7.0655 (kg)
 Jp: 0.0380 (kg*m²), Jxx: 0.0197 (kg*m²), Jzz: 0.0197 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	18.106
Posição do máximo (mm)	224.500
Centro de massa (mm)	222.057
Soma da carga axial (N)	0.000
Torção sob torque (°)	0.003

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 320		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'A'

Posição (coordenada Y)	[y]	12.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	0.59	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.59	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	406956.54	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	23.85	

Força de reação do mancal	[Fx]	-0.252	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.530	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	0.587	kN (115.44°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.045	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.003	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.048	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	8.531	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	3.856	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-146.199	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-8.132	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-64.63°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.050	mrad (-0.17')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.037	mrad (-0.13')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.062	mrad (0.21')

Eixo 'veio 2' Mancal de rolamento 'B'

Posição (coordenada Y)	[y]	431.00	mm
carga dinamicamente equivalente	[P]	1.04	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.04	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	73617.20	h
Viscosidade operacional	[v]	46.78	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	13.49	
Força de reação do mancal	[Fx]	-0.759	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	0.708	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.038	kN (136.98°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.061	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.008	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.069	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	12.285	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	6.707	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	145.425	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-6.002	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-41.83°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.063	mrad (0.22')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.056	mrad (0.19')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.031	mrad (0.11')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.071	mrad (0.24')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	4.91	27.17

Σ	4.91	27.17
----------	------	-------

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2
36.63	64.77

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: A

B2: B

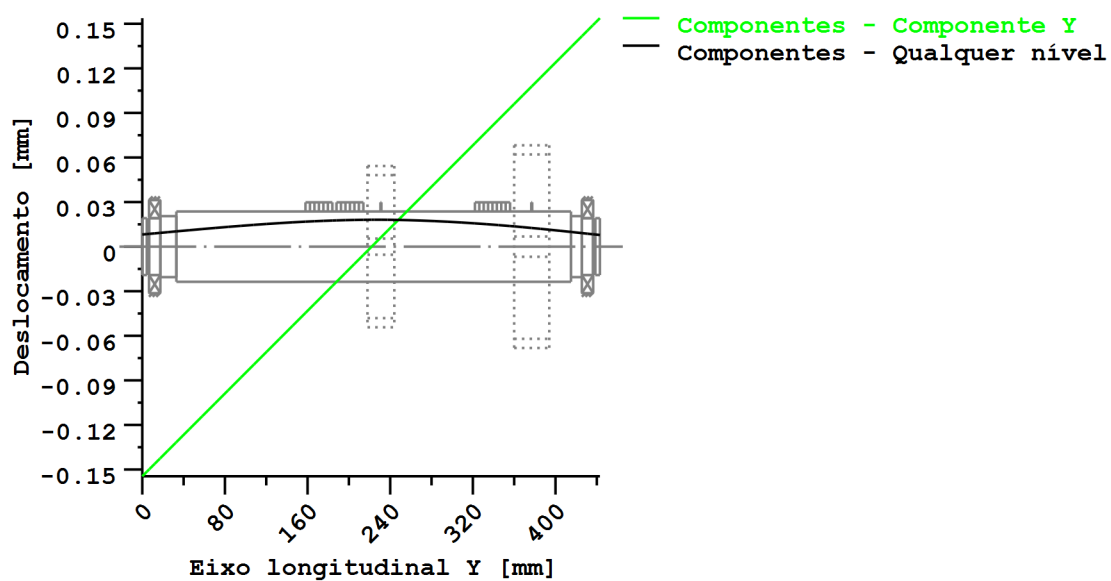
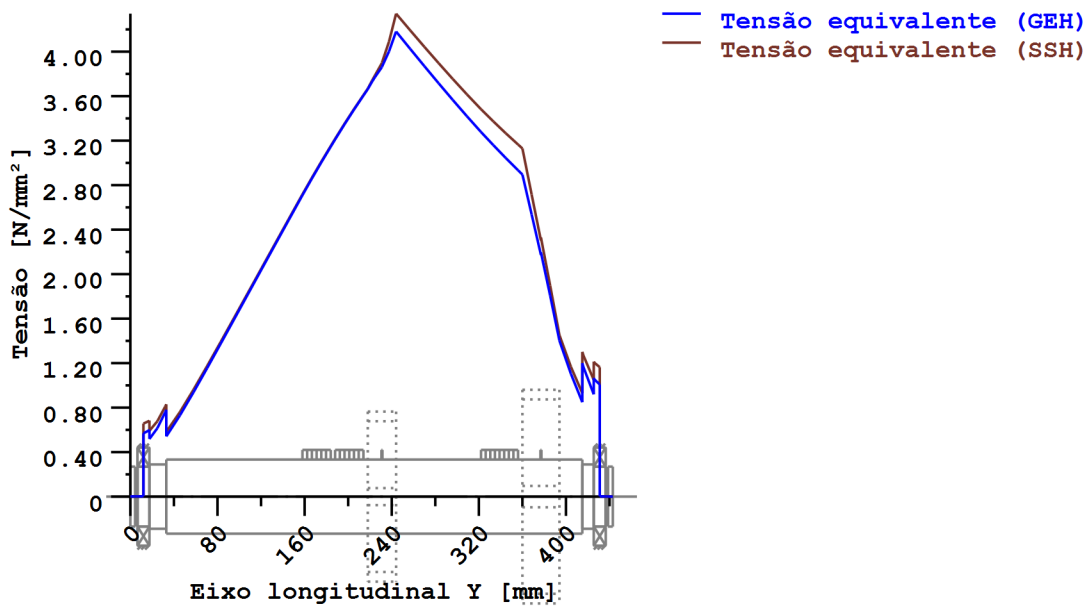


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 303.1315262 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

**Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012
com fadiga a baixo número de ciclos análoga à diretriz FKM e ao projeto FVA**

Resumo

veio 2

Material	F-10
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da fadiga a baixo número de ciclos e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	17.50	Ressalto do eixo
B-B	32.00	Entalhe circunferencial
C-C	231.00	Eixo estriado
D-D	377.00	Eixo estriado
E-E	416.00	Entalhe circunferencial
F-F	425.50	Ressalto do eixo
G-G	4.50	Ressalto do eixo
h-h	438.50	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfs	K2d	SD	SS
A-A	1.82	0.91	0.87	675.30	1215.72
B-B	2.22	0.91	0.86	169.14	370.08
C-C	1.07	1.00	0.85	44.95	42.39
D-D	1.07	1.00	0.85	91.44	84.38
E-E	2.22	0.91	0.86	126.75	277.34
F-F	1.82	0.91	0.87	377.59	679.77
G-G	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99
h-h	1.97	0.91	0.87	9999.99	9999.99

Seguranças nominais: 1.20 2.00

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfs: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Vida útil e dano

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] 1000000.00

Dano do sistema (%) [D] 0.00

Dano (%) [H] (20000.0 h)

Cálculo da confiabilidade R(t) com distribuição Weibull; t em (h):

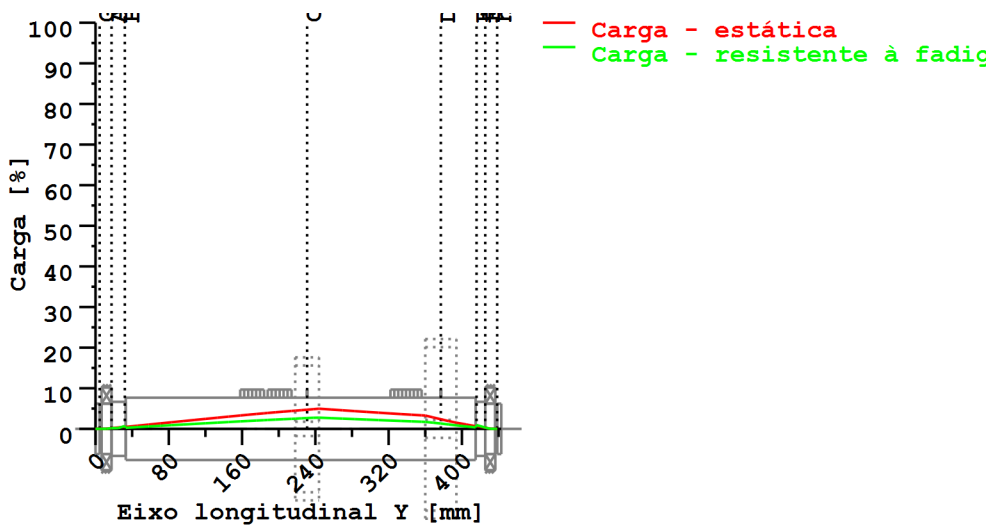
$$R(t) = 100 * \exp(-((t^{*fac} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$$

Welle	fac	b	t0	T
1	101596	1.5	9.264e+010	1.965e+011

Dano da seção transversal (%)	[D]
A-A:	0.00
B-B:	0.00
C-C:	0.00
D-D:	0.00
E-E:	0.00
F-F:	0.00
G-G:	0.00
h-h:	0.00

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal	Estática	Resistente à fadiga
A-A	0.165	0.178
B-B	0.540	0.709
C-C	4.718	2.670
D-D	2.370	1.312
E-E	0.721	0.947
F-F	0.294	0.318
G-G	0.010	0.010
h-h	0.010	0.010
Utilização máxima (%)	[A]	4.718



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação veio 2
Desenho
Comprimento (mm) [l] 443.00
Velocidade (1/min) [n] 1693.27

Material F-10
Tipo de material Aço beneficiado
Tratamento do material sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm) [dB] 70.00

σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σB] 580.00

σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σS] 305.00

[σdW] (bei dB) (N/mm²) 232.00

[σbW] (bei dB) (N/mm²) 290.00

[τtW] (bei dB) (N/mm²) 174.00

Espessura matéria-prima (mm) [dWerkst] 70.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3

Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro de eixo D

de forma escalonada, sendo o fator dimensional K1d calculado com o diâmetro do eixo d

Valores de resistência de material determinados a partir do diâmetro do eixo

(Requisito: melhoramento do eixo torneado)

Indicação: Os seguintes valores de materiais são válidos só exatamente para a primeira seção transversal; os outros são determinados de acordo com o

respetivo "Diâmetro para fator dimensional".

[σBeff] (N/mm²)	580.00
[σSeff] (N/mm²)	305.00
[σbF] (N/mm²)	366.00
[τtF] (N/mm²)	211.31
[σBRand] (N/mm²)	628.00

[σzdW] (N/mm²)	232.00
[σbW] (N/mm²)	290.00
[τtW] (N/mm²)	174.00

Fadiga a baixo número de ciclos para solicitação de nível único

Vida útil nominal	[H]	20000.00
Número de ciclos de carga (Mio)	[NL]	2031.923

Dados da linha "Wöhler" semelhantes aos da diretiva FKM:

[kσ, kτ]	5	8
[kDσ, kDτ]	0	0
[NDσ, NDτ]	1e+006	1e+006
[NDσII, NDτII]	0	0

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	17.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	3.2	0.0	584.3
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	5.4	0.0	993.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.195	0.000	0.328
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.331	0.000	0.557

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

Fator de influência sens. média tensão.	[σWK]	113.205	131.549	107.307
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000

Segurança contra fadiga	[S]	675.298		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]	1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]	56274.8		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		1215.722	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		60786.1	

Seção transversal 'B-B' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	32.000		
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000		
Efeito de entalhe			Entalhe circunferencial	
[d, r, t] (mm)		57.000	1.000	1.000
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

Carga: (N) (Nm)		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	11.6	0.0	581.6
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	19.8	0.0	988.7
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.640	0.000	0.304
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.088	0.000	0.517

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	2.919	2.816	1.959
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.333	2.333	1.000
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266	1.174
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223	1.668
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679	1.990

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		169.135	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		14094.6	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		370.077	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		18503.9	

Seção transversal 'C-C' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]		231.000	
Diâmetro externo (mm)	[da]		68.000	
Diâmetro interno (mm)	[di]		0.000	
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]		68.000	
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)		68.000	62.000	0 0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	15.5	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	115.8	15.5	79.3
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	196.8	52.7	134.9
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.331	0.000
[σzda, oba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	4.947	0.331	0.035
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	8.411	1.127	0.060

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	1.000
[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.574
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.331

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.530	224.643	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.530	224.643	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		44.952	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		3746.0	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.000	1.000	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		42.390	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		2119.5	

Seção transversal 'D-D' Eixo estriado

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]			377.000
Diâmetro externo (mm)	[da]			68.000
Diâmetro interno (mm)	[di]			0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]			68.000
Efeito de entalhe			Eixo estriado	
[da, df, z, mn] (mm)	68.000	62.000	0	0.000
Forma B				
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	15.5	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	53.3	15.5	704.3
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	90.6	52.7	1197.3
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3019.1	23397.8	46795.6	3019.1

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.331	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	2.279	0.331	0.311
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	3.874	1.127	0.529

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000		
	[K1(σS)]	1.000		

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	1.068	1.068	1.152
[dB] (mm) = 29.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.996	0.996	0.991
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.997	0.997	0.994
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.070	1.070	1.156
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.853	0.853
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.070	1.255	1.355

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.574
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.331

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	216.814	231.128	128.386
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.230	0.249	0.124
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	0.530	217.495	105.655
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σANK]	0.530	217.495	105.655
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		91.437	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		7619.8	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	305.000	366.000	211.310
Segurança limite elástico	[S]		84.378	

Segurança nominal	[Smin]	2.000
Resultado (%)	[S/Smin]	4218.9

Seção transversal 'E-E' Entalhe circunferencial

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	416.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	59.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	59.000
Efeito de entalhe		Entalhe circunferencial
[d, r, t] (mm)	57.000 1.000 1.000	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	15.5	0.0	1034.5
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	26.4	0.0	1758.7
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2551.8	18181.3	36362.6	2551.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.854	0.000	0.541
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	1.452	0.000	0.919

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.919	2.816
Quebra de tensão relacionada	[G]	2.333	2.333
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.266	1.266
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.305	2.223
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.862
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.406	2.679

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	96.419	108.235	87.427
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.091	0.103	0.082
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	96.419	108.235	87.427
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	96.419	108.235	87.427
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		126.754	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		10562.8	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		277.344	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		13867.2	

Seção transversal 'F-F' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	425.500
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	55.000
Efeito de entalhe	Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	59.000	1.000 2.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	5.7	0.0	1035.9
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	9.7	0.0	1761.0
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	0.348	0.000	0.581
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	0.592	0.000	0.988

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000
	[K1(σS)]	1.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	2.496	2.337	1.611
Quebra de tensão relacionada	[G']	2.600	2.600	1.150
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.281	1.281	1.187
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.948	1.824	1.357
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.049	2.205	1.622

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)				
	[σWK]	113.205	131.549	107.307
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.108	0.128	0.102
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	113.205	131.549	107.307
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	113.205	131.549	107.307
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		377.594	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		31466.1	

Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		679.772	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		33988.6	

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	4.500
-----------------------------	-----	-------

Diâmetro externo (mm)	[da]	52.000			
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000			
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000			
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo		
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500		
Rugosidade média (µm)		[Rz]	8.000		
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.0	0.0	0.7
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.0	0.0	1.2
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.000	0.002	0.000	0.000
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		0.000	0.003	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	1.000			
	[K1(σS)]	1.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786	
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300	
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000			
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)					
	[σWK]	106.335	122.915	103.696	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[ψσK]	0.101	0.119	0.098	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	106.335	122.915	103.696	
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σANK]	106.335	122.915	103.696	
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300	
Fator de espectro	[fkoll]	1.000	1.000	1.000	
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)					
	[σFK]	335.500	402.600	211.310	
Segurança limite elástico	[S]		9999.990		
Segurança nominal	[Smin]		2.000		
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0		

Seção transversal 'h-h' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	438.500		
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000		
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000		
Diâmetro para fator dimensional (mm)	[deff]	52.000		
Efeito de entalhe			Ressalto do eixo	
[D, r, t] (mm)	55.000	0.500	1.500	

Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000		
	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	0.0	0.0	0.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	0.0	0.0	1.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm^2)				
[A, Wb, Wt, A]	2123.7	13804.2	27608.3	2123.7
Tensões: (N/mm^2)				
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_{m} , τ_{qm}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_{a} , τ_{qa}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.001
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm^2)	0.000	0.000	0.000	0.001
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_{B})]	1.000		
	[K1(σ_{S})]	1.000		
	Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de forma	[a]	2.901	2.742	1.786
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.115	5.115	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.395	1.395	1.265
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.081	1.966	1.413
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.871	0.871
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.182	2.359	1.678
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:				
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[σ_{mV}]	0.000		
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[τ_{mV}]	0.000		
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm^2)				
	[σ_{WK}]	106.335	122.915	103.696
Fator de influência sens. média tensão.				
	[$\psi\sigma_{\text{K}}$]	0.101	0.119	0.098
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ADK}]	106.335	122.915	103.696
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ANK}]	106.335	122.915	103.696
Soma eficaz Miner	[DM]	0.300	0.300	0.300
Fator de espectro	[fKoll]	1.000	1.000	1.000
Segurança contra fadiga	[S]		9999.990	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[yF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm^2)				
	[σ_{FK}]	335.500	402.600	211.310
Segurança limite elástico	[S]		9999.990	
Segurança nominal	[Smin]		2.000	
Resultado (%)	[S/Smin]		1000000.0	

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
 - Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.
- Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

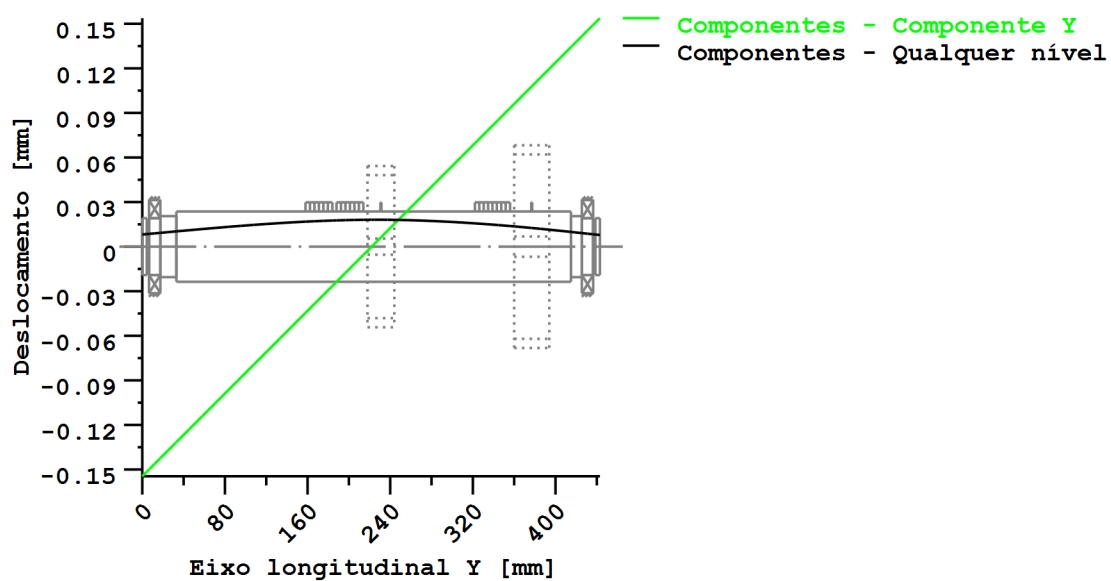


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 303.1315262 121)

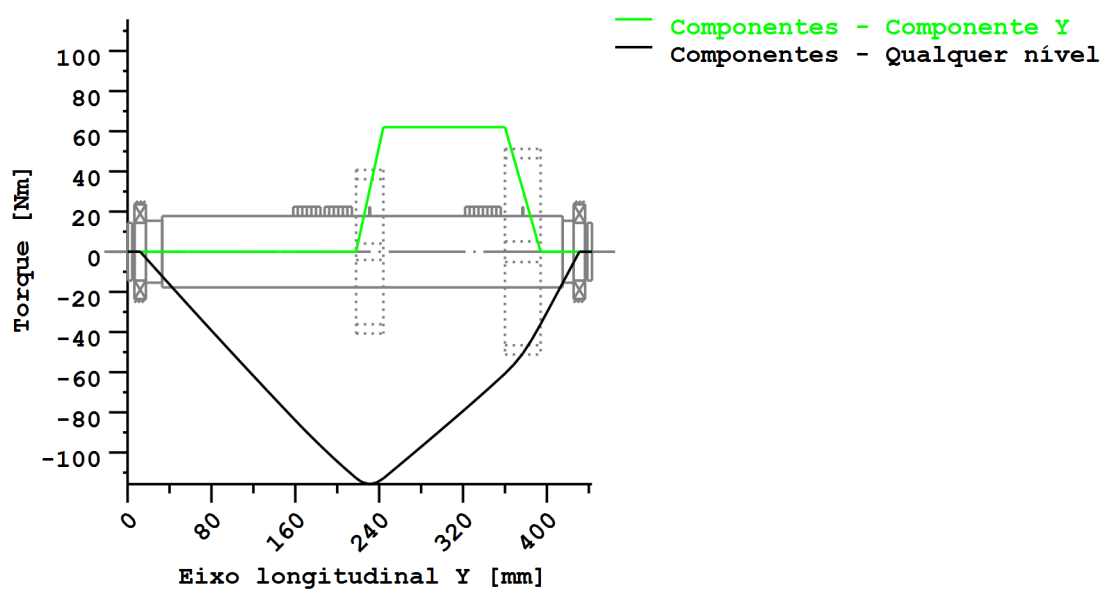


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 117.8523055 121)

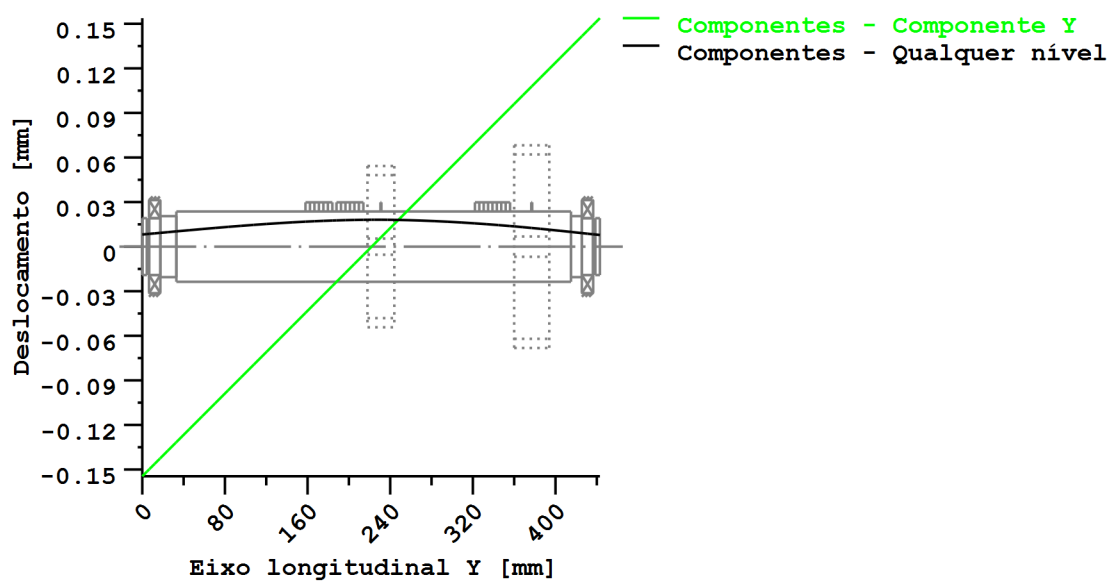


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 303.1315262 121)

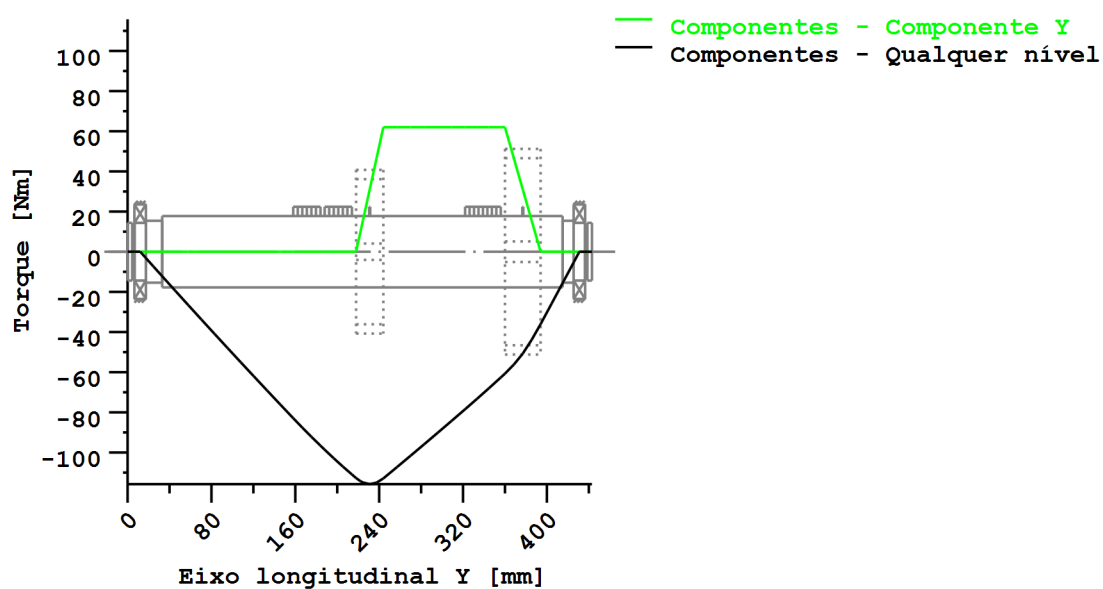
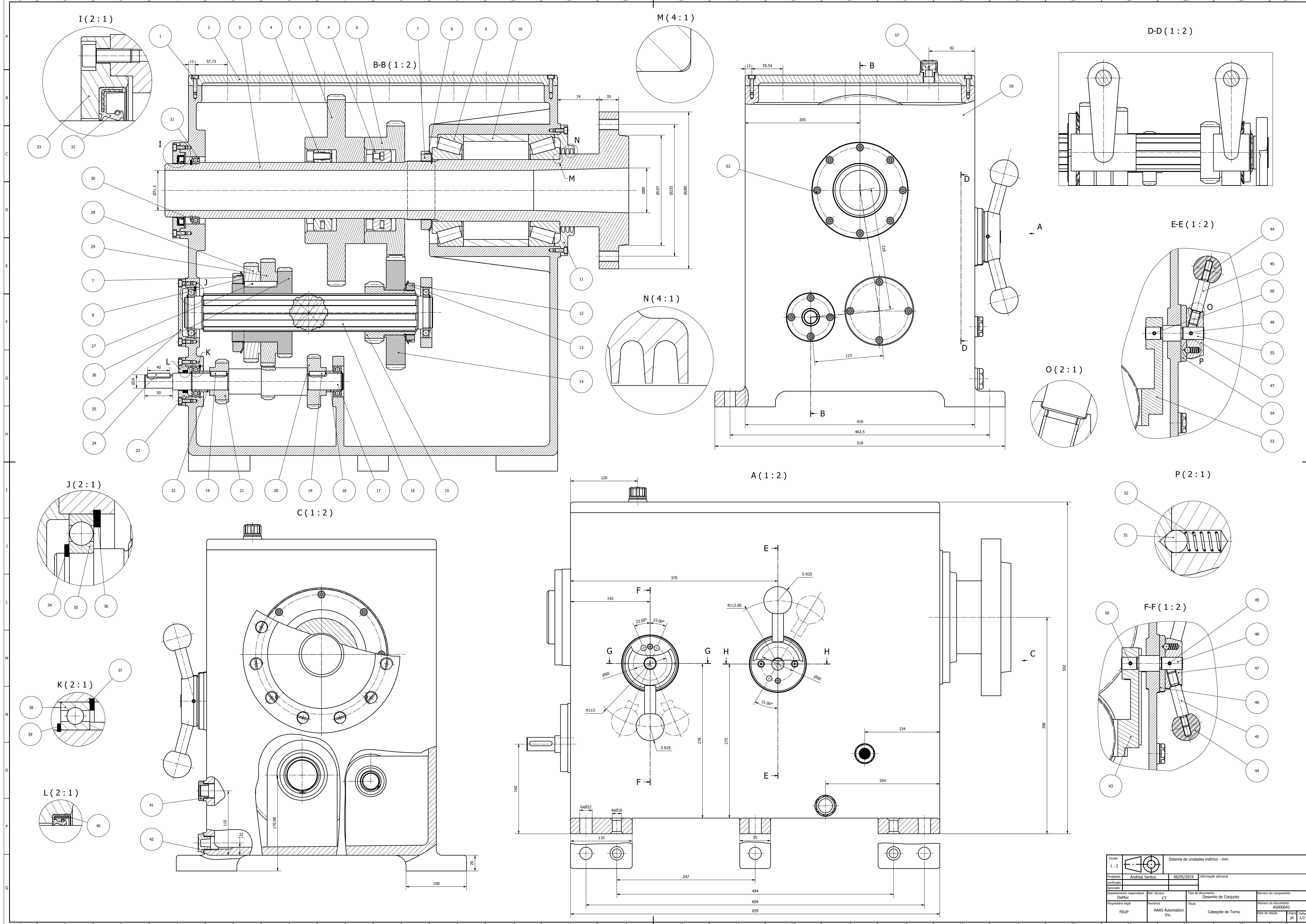


Figura: Curva de momentos (Qualquer nível 117.8523055 121)

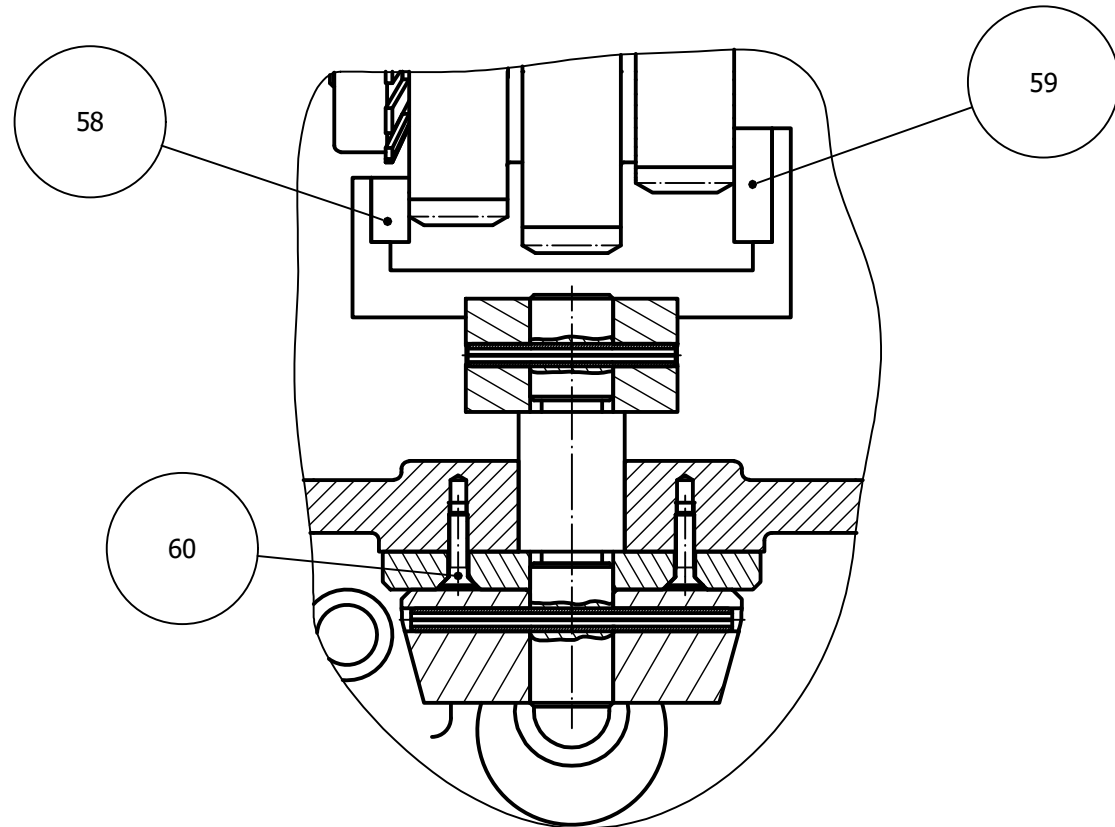
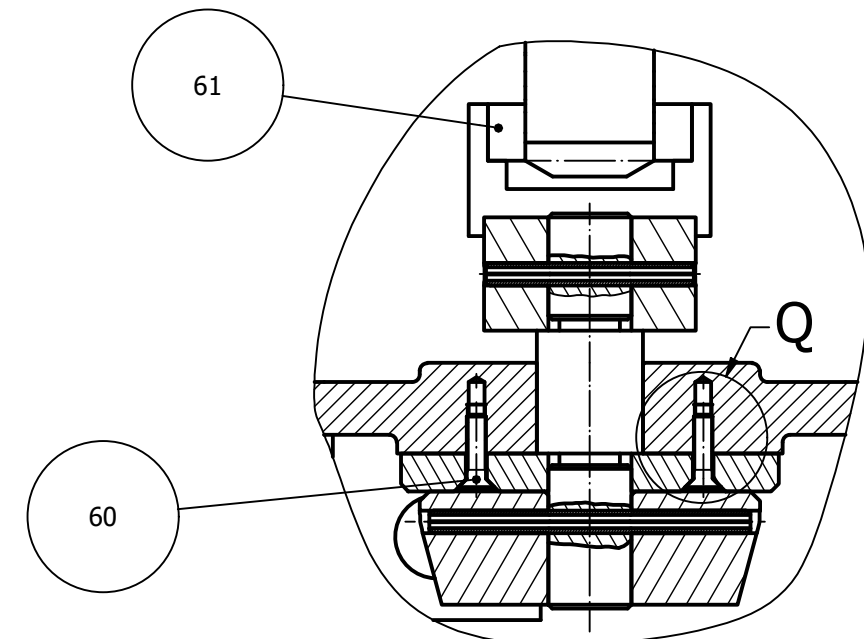
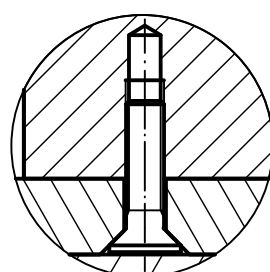

Cabeçote de torno de 6 velocidades: estudo do processo de produção, tendo em vista a sua maquinagem e ciclo de vida

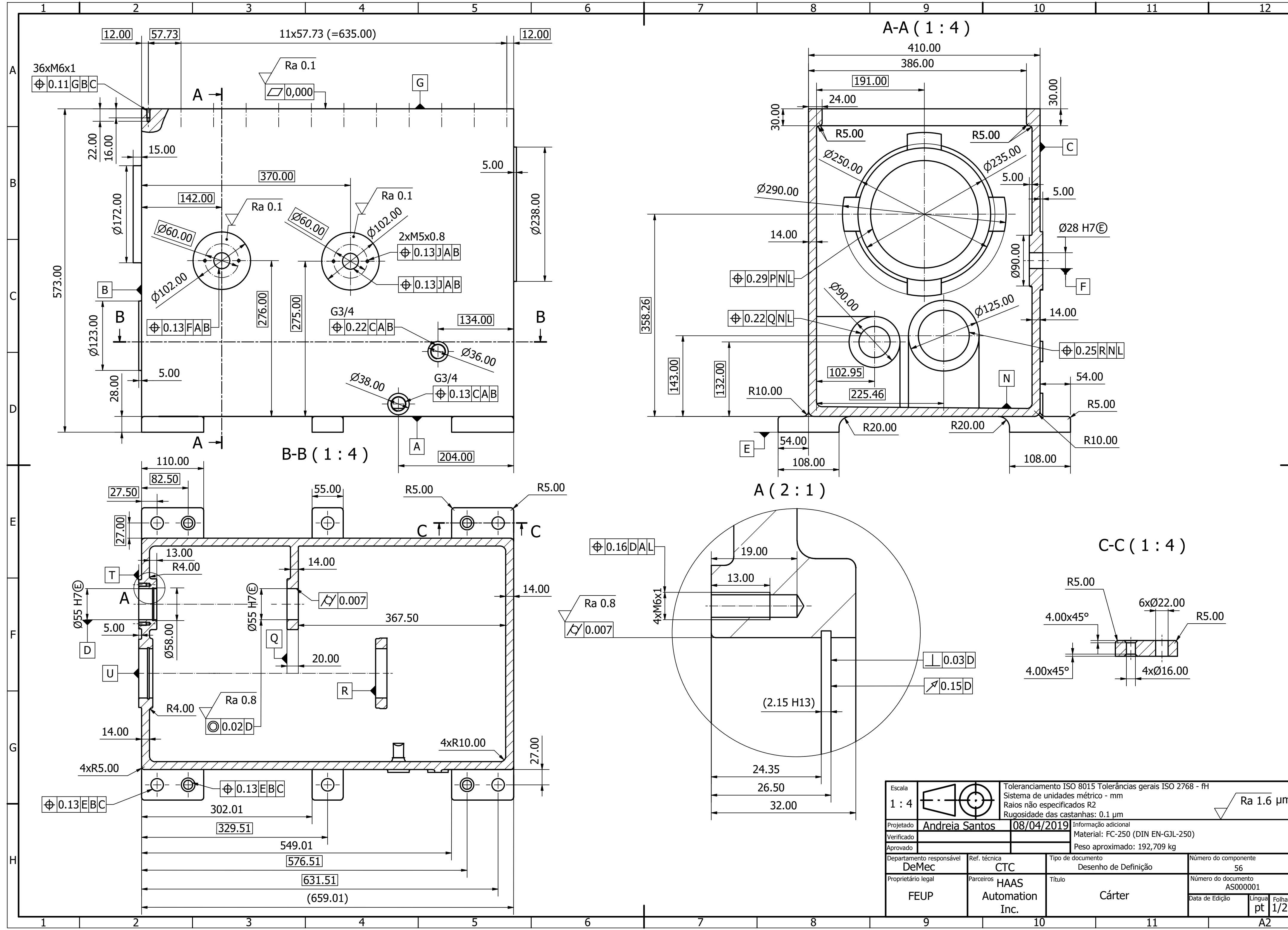
ANEXO R: Desenhos de Definição, de Modelo, de Corte e de Montagem dos componentes do cabeçote e Desenho de Conjunto do equipamento

Página intencionalmente em branco

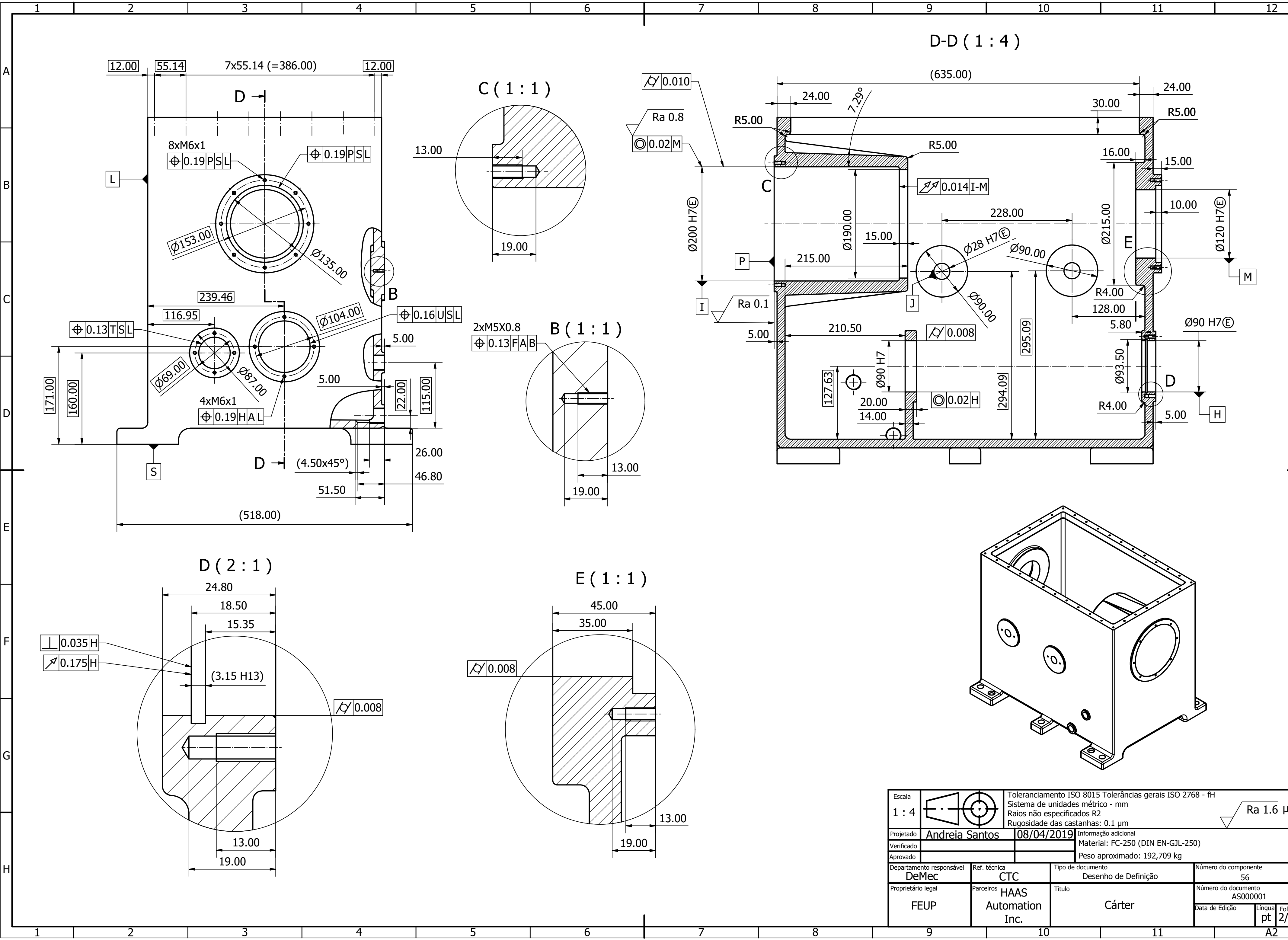


Escala 1 : 2		Sistema de unidades métrico - mm	
Projetado André Santos	Ref. técnica CT	06/05/2019 Informação adicional	
Verificado			
Aprovado			
Departamento responsável Dieltec	Projeto CT	Tipo de documento Desenho de Conjunto	Número do componente
Proprietário legal FEUP	Pessoas HAAS Automation Inc.	Título Cabecote de Torno	Número do documento AS000042
		data de edição 01/12/2019	Unidade Folha 1/2

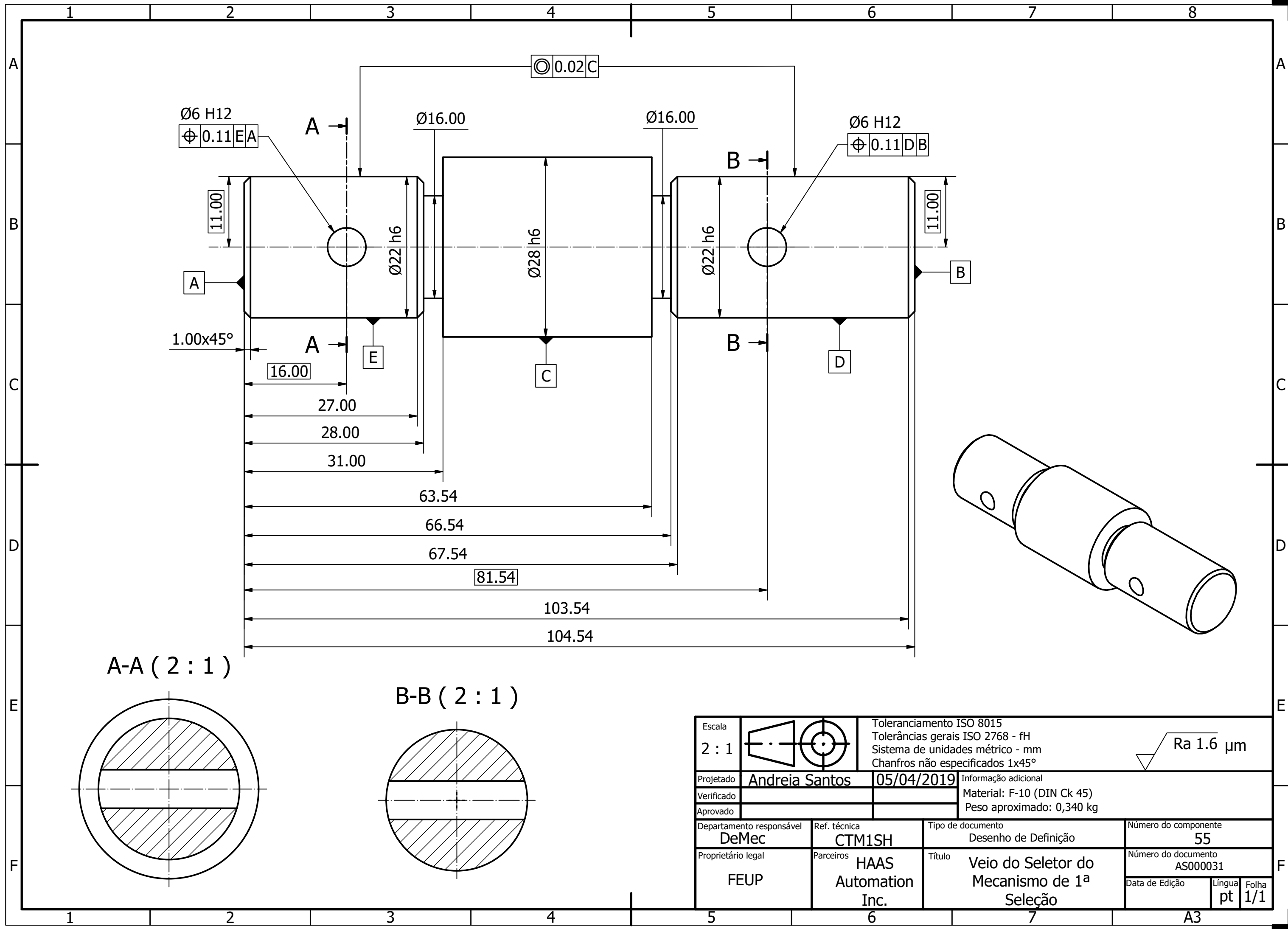
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
A	<div><div>G-G (1 : 2)</div></div>	ITEM	QTDE	Número da peça	Nome da peça	Designação de referência	Material	Observações	ITEM	QTDE	Número da peça	Nome da peça	Designação de referência	Material	Observações									
		35	2	CTV2RA CTV2RB	Rolamento Rígido de Esferas	ISO 15 - 16011 - 55 x 90 x 11		SKF - 16011	1	36	CTTP	Parafuso de Cabeça Cilíndrica de Oco Hexagonal	ISO 4762 - M6 X 25 - 8.8											
		36	1	CTV2AEF	Anel Elástico	DIN 472 - 90 x 3 - St	Aço de Mola - C67		2	1	CTT	Tampa Superior		DIN EN-GJL-150	Ferro Fundido Cinzento FC-150									
		37	1	CTV1AEF	Anel Elástico	DIN 471 - 30 x 1.5 - St	Aço de Mola - C67		3	1	CTV3SH	Árvore		DIN Ck 45 Ramada Aços: F 10	Nariz ISO 702-1 A e furo para cone morse DIN 228 ME 80									
B	<div><div>H-H (1 : 2)</div></div>	38	2	CTV1RA CTV1RB	Rolamento Rígido de Esferas	ISO 15 - 6006 - 30 x 55 x 13		SKF - 6006	4	2	CTV3PL8 CTV3PL10	Power Lock	TSUBAKI PL3-1516 AS											
		39	2	CTV1AERA CTV1AERB	Anel Elástico	DIN 472 - 55 x 2 - St	Aço de Mola - C67		5	1	CTV3M1Z8	Roda Z8		DIN 42 CrMo 4	Ramada Aços: RPM 32									
		40	1	CTV1V	Vedante Labial do Veio de Entrada	DIN 3760 - AS - 30 x 40 x 8 - NBR	72 - NBR - 902	SIMRIT BAFUDSLX7	6	1	CTV3M1Z10	Roda Z10		DIN 42 CrMo 4	Ramada Aços: RPM 32									
		41	1	CTCON	Indicador de Nível do Óleo	ELESA HGFT.16/PR-3/4-C9	Poliamida		7	2	CTV3RKM	Porca de Entalhes	ISO 2982-2 M105 x 2 x 140		SKF - KM 21									
C	<div><div>Q (1 : 1)</div></div>	42	1	CTCOS	Bujão de Saída do Óleo	ELESA TSR.3/4	Poliamida		8	2	CTV3RMB	Anilha de Segurança	ISO 2982-2 105 x 126		SKF - MB 21									
		43	1	CTMBB	Biela do Mecanismo de Seleção de Base		DIN Ck 45	Ramada Aços: F 10	9	2	CTV3RB CTV3RC	Rolamento de Rolos Cônicos	ISO 355 - 32222 J2 - 110 x 200 x 56		SKF - 32222 J2 Gaiola de aço estampado, tipo janela, centrada nos rolos									
		44	2	CTMBCE CTM1CE	Cabo Esférico dos Mecanismos de Seleção		POM		10	1	CTV3C	Casquilho do Veio de Saída		Aço	Ramada Aços: St-52									
		45	2	CTMBMN; CTM1MN	Manivela dos Mecanismos de Seleção		DIN Ck 45	Ramada Aços: F 10	11	1	CTV3TD	Tampa Frontal da Árvore		DIN EN-GJL-250	Ferro Fundido Cinzento FC-250									
D		46	1	CTMBPR	Prato de Seleção do Mecanismo de Seleção de Base		DIN Ck 45	Ramada Aços: F 10	12	1	CTV2MBKM CTV2M1KM	Porca de Entalhes	ISO 2982-2 M80 x 2 x 105		SKF - KM 16									
		47	2	CTMBCM CTM1CM	Cubo da Manivela dos Mecanismos de Seleção		DIN Ck 45	Ramada Aços: F 10	13	1	CTV2MBMB CTV2M1MB	Anilha de Segurança	ISO 2982-2 80 x 95		SKF - MB 16									
		48	1	CTMBSH	Veio do Seletor do Mecanismo de Seleção de Base		DIN Ck 45	Ramada Aços: F 10	14	1	CTV2M1Z9	Pinhão Z9		DIN 42 CrMo 4	Ramada Aços: RPM 32									
		49	2	CTMBPECM CTMBPECM	Pino Elástico	EN ISO 8752 - 6 x 85 - St			15	1	CTV2M1Z7	Pinhão Z7		DIN 42 CrMo 4	Ramada Aços: RPM 32									
E		50	2	CTMBPEB CTM1PEB	Pino Elástico	EN ISO 8752 - 6 x 55 - St			16	1	CTV2SH	Veio Intermédio		DIN Ck 45	Ramada Aços: F 10									
		51	2	CTMBES CTM1ES	Esfera de Posicionamento Ø10		Aço CCr6		17	1	CTV1SH	Veio de Entrada		DIN 42 CrMo 4	Ramada Aços: RPM 32									
		52	2	CTMBSP CTM1SP	Mola de Compressão	DIN 2098 -	DIN 17223 - A		18	1	CTV1CD	Casquilho do Veio de Entrada		Aço	Ramada Aços: St-52									
		53	1	CTM1B	Biela do Mecanismo de 1ª Seleção		DIN Ck 45	Ramada Aços: F 10	19	2	CTV1CH3 CTV1CH5	Chaveta Paralela	ISO/R 773 - A 8 x 7 x 28 - St	DIN Ck 45 K										
F		54	1	CTM1PR	Prato de Seleção do Mecanismo de 1ª Seleção		DIN Ck 45	Ramada Aços: F 10	20	1	CTV1MBZ5	Pinhão Z5		DIN 42 CrMo 4	Ramada Aços: RPM 32									
		55	1	CTM1SH	Veio do Seletor do Mecanismo de 1ª Seleção		DIN Ck 45	Ramada Aços: F 10	21	1	CTV1MBZ3	Pinhão Z3		DIN 42 CrMo 4	Ramada Aços: RPM 32									
		56	1	CTC	Cárter		DIN EN-GJL-250	Ferro Fundido Cinzento FC-250	22	1	CTV1CE	Casquilho do Veio de Entrada		Aço	Ramada Aços: St-52									
		57	1	CTTOE	Bujão de Enchimento e Respiro	ELESA SFP.30-20x1.5	Poliamida		23	1	CTV1T	Tampa do Veio de Entrada		DIN EN-GJL-150	Ferro Fundido Cinzento FC-150									
G		58	1	CTMBPOSE	Postigo de Encosto do Mecanismo de Seleção de Base da esquerda		POM		24	1	CTV1CHM	Chaveta Paralela	ISO/R 773 - A 8 x 7 x 40 - St	DIN Ck 45 K										
		59	1	CTMBPOSD	Postigo de Encosto do Mecanismo de Seleção de Base da direita		POM		25	1	CTV2T	Tampa do Veio Intermédio		DIN EN-GJL-150	Ferro Fundido Cinzento FC-150									
		60	4	CTMBPAR CTM1PAR	Parafusos de Cabeça de Embeber de Oco Hexagonal - FHC	ISO 10642 - M5 x 20 - 8.8			26	1	CTV2MBZ6	Roda Z6		DIN 42 CrMo 4	Ramada Aços: RPM 32									
		61	2	CTM1POS	Postigo de Encosto do Mecanismo de 1ª Seleção		POM		27	1	CTV2MBCH	Chaveta Paralela	DIN 6885 - A 10 x 7 x 58 - St	DIN Ck 45 - K	Chaveta de comprimento não normalizado - série baixa									
H		62	24	CTV1TP CTV2TP CTV3TP CTV3TDP	Parafuso de Cabeça Cilíndrica de Oco Hexagonal	ISO 4762 - M6 X 16 - 8.8			28	1	CTV2MBZ2	Roda Z2		DIN 42 CrMo 4	Ramada Aços: RPM 32									
									29	1	CTV2MBZ4	Roda Z4		DIN 42 CrMo 4	Ramada Aços: RPM 32									
									30	1	CTV3AER	Anel Elástico	DIN 471 - 95 x 3 - St	Aço de Mola - C67										
									31	1	CTV3RA	Rolamento Rígido de Esferas	ISO 15 - 61819 - 95 x 120 x 13		SKF - 61819									
									32	1	CTV3V	Vedante Labial da Árvore	DIN 3760 - AS - 95 x 125 x 12 - NBR	72 - NBR - 902	BAFUDSLX7									
									33	1	CTV3T	Tampa Traseira da Árvore		DIN EN-GJL-150	Ferro Fundido Cinzento FC-150									
									34	2	CTV2AERA CTV2AERB	Anel Elástico	DIN 471 - 55 x 2 - St	Aço de Mola - C67										
									Escala			Sistema de unidades métrico - mm												
									Projetado	Andreia Santos		06/05/2019	Informação adicional											
									Verificado															
									Aprovado															
									Departamento responsável	DeMec		Ref. técnica		CT										
									Proprietário legal	FEUP		Parceiros		HAAS Automation Inc.										
									Tipo de documento			Desenho de Conjunto		Número do componente										
									Título			Cabeçote de Torno		Número do documento										
														AS000042										
									Data de edição		Língua	Folha		2/2										
											pt			A2										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11														

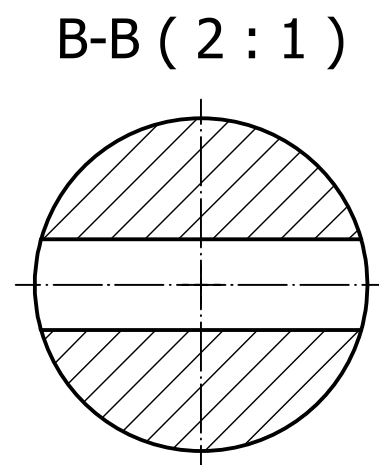
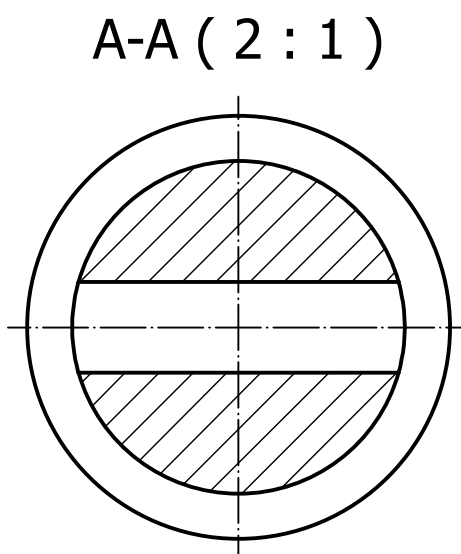
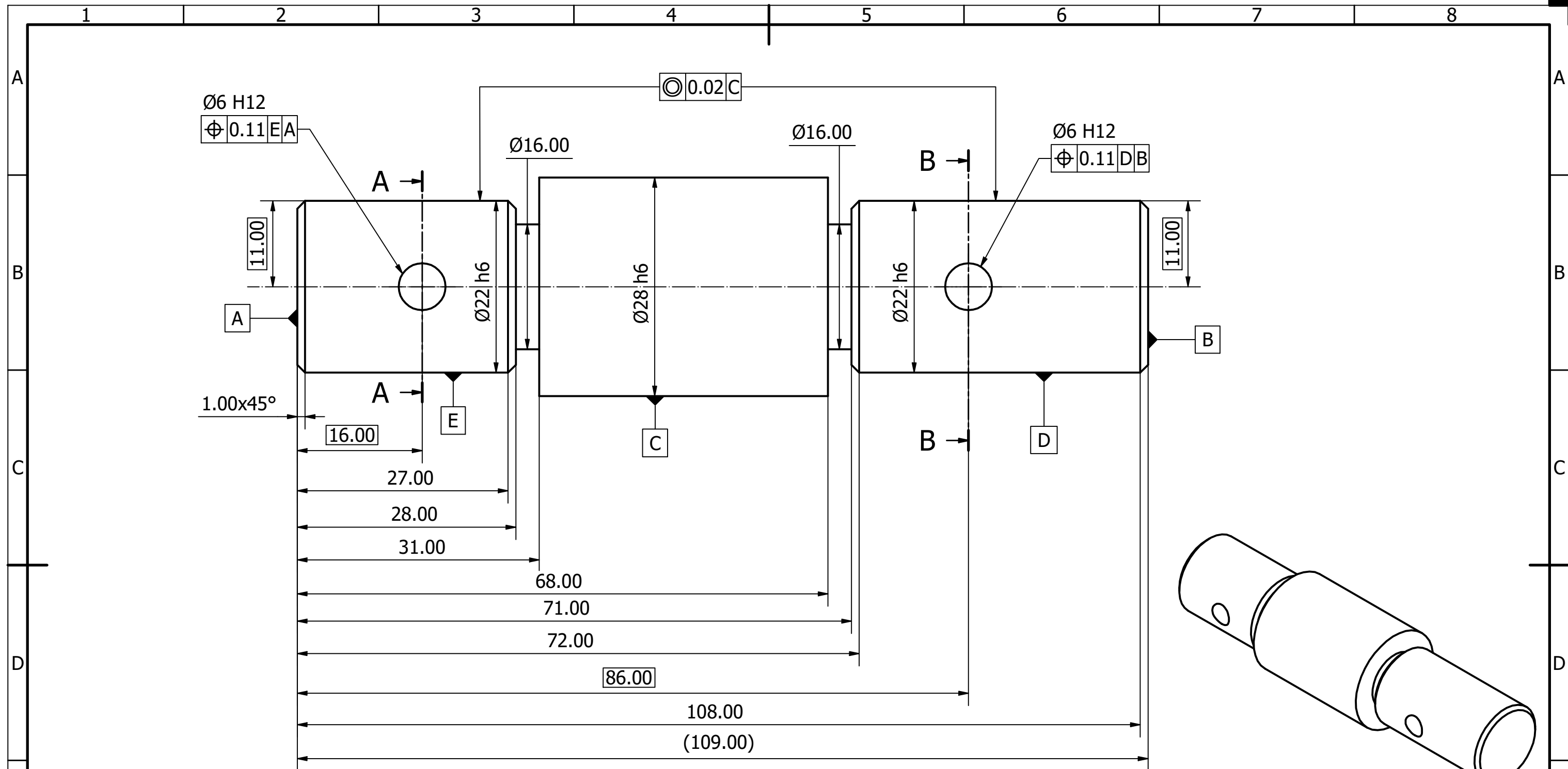


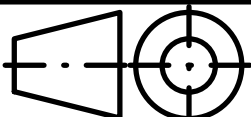

Escala 1 : 4		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm Raio não especificados R2 Rugosidade das castanhas: 0.1 µm	
Projetado	Andreia Santos	08/04/2019	Informação adicional
Verificado	Material: FC-250 (DIN EN-GJL-250)		
Aprovado	Peso aproximado: 192,709 kg		
Departamento responsável	DeMec	Ref. técnica	CTC
Proprietário legal	FEUP	Parceiros	HAAS Automation Inc.
Tipo de documento		Desenho de Definição	Número do componente
			56
		Título	Número do documento
		Cárter	AS000001
		Data de Edição	Língua
			pt
		Folha	1/2

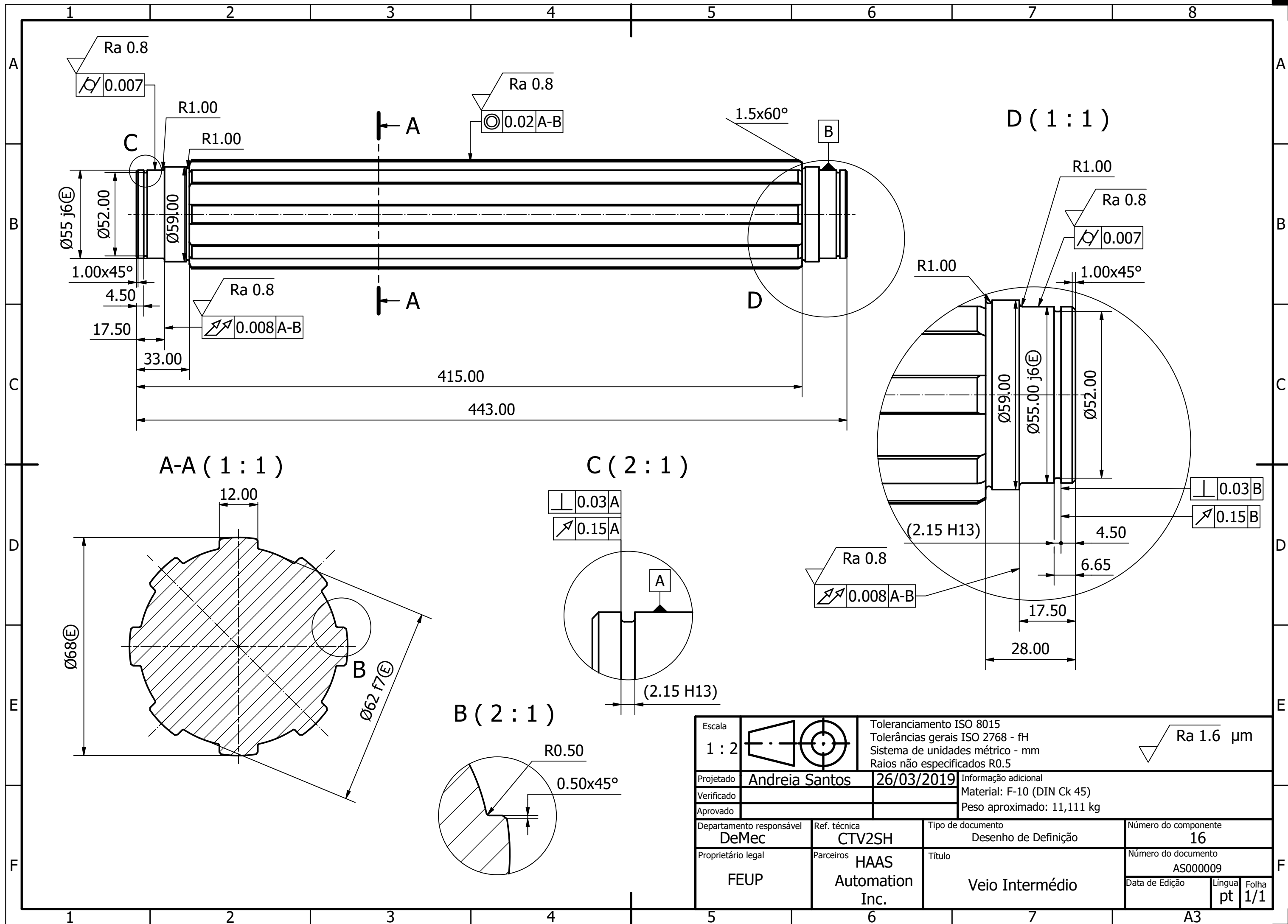


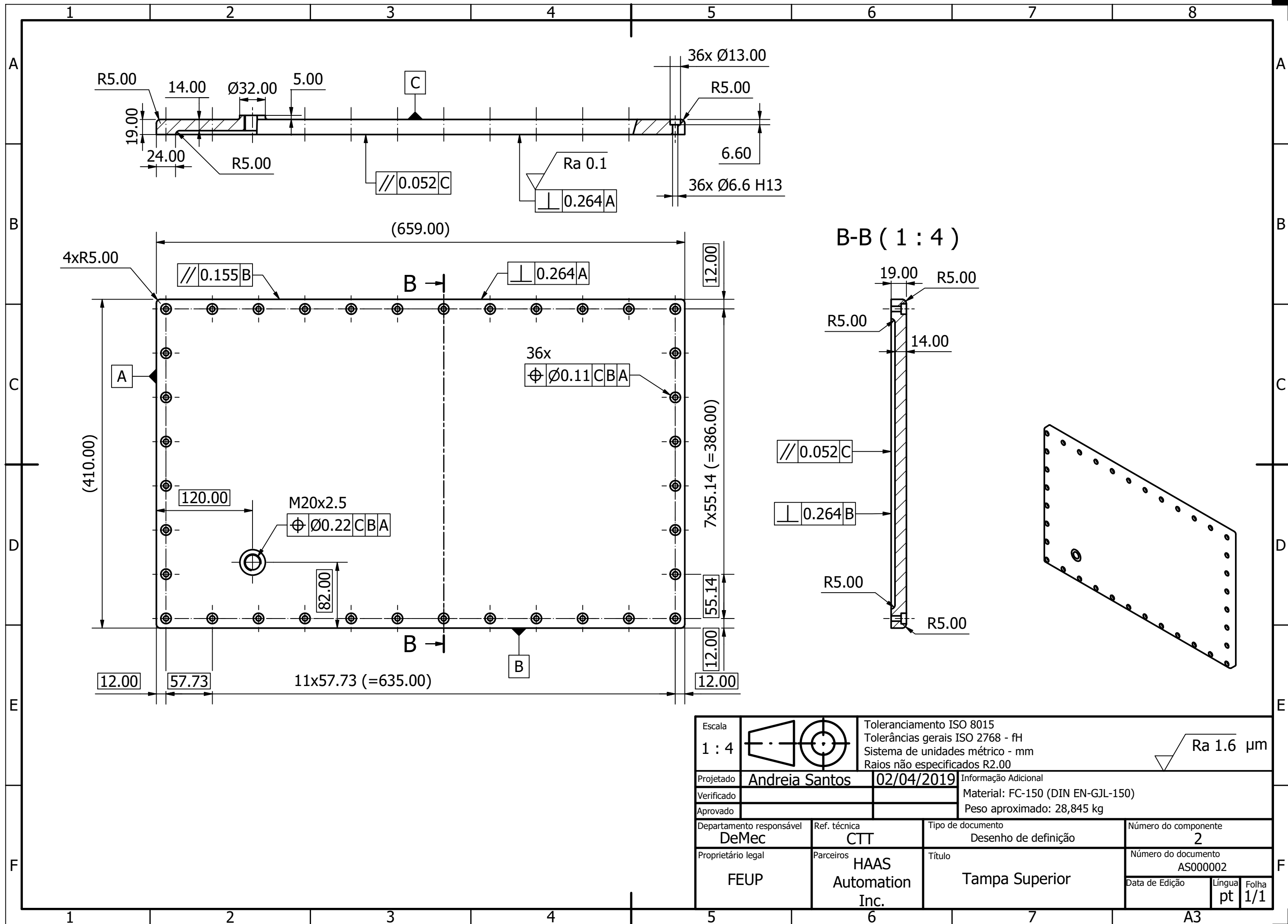
Escala 1:4		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm Raio não especificados R2 Rugosidade das castanhas: 0.1 µm	
Projetado	Andreia Santos	08/04/2019	Informação adicional
Verificado	Material: FC-250 (DIN EN-GJL-250)		
Aprovado	Peso aproximado: 192,709 kg		
Departamento responsável	Ref. técnica	Tipo de documento	
DeMec	CTC	Desenho de Definição	
Proprietário legal	Parceiros	Número do componente	
FEUP	HAAS Automation Inc.	56	
		Número do documento	
		AS000001	
		Data de Edição	Língua
			pt
		Folha	2/2

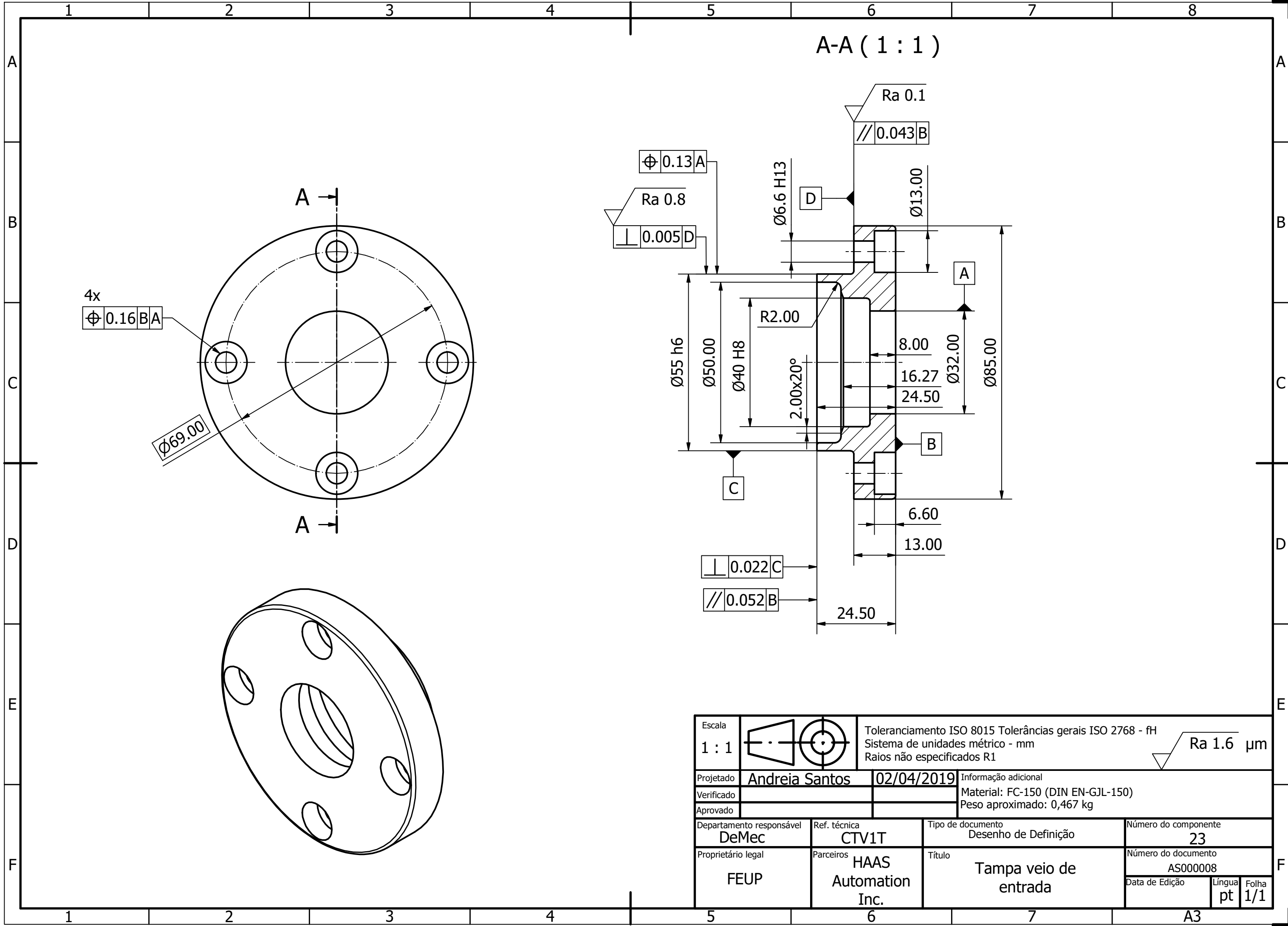


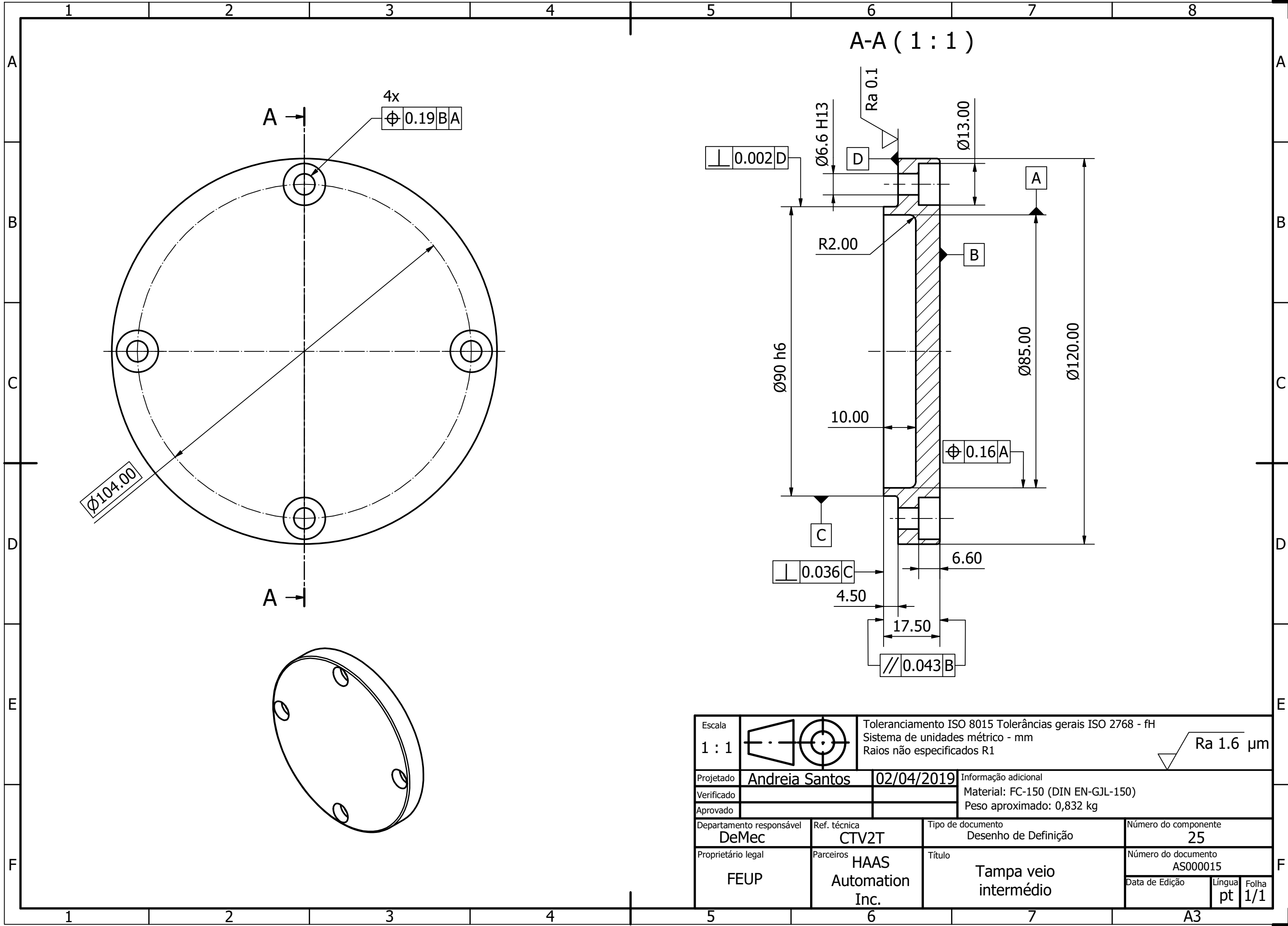


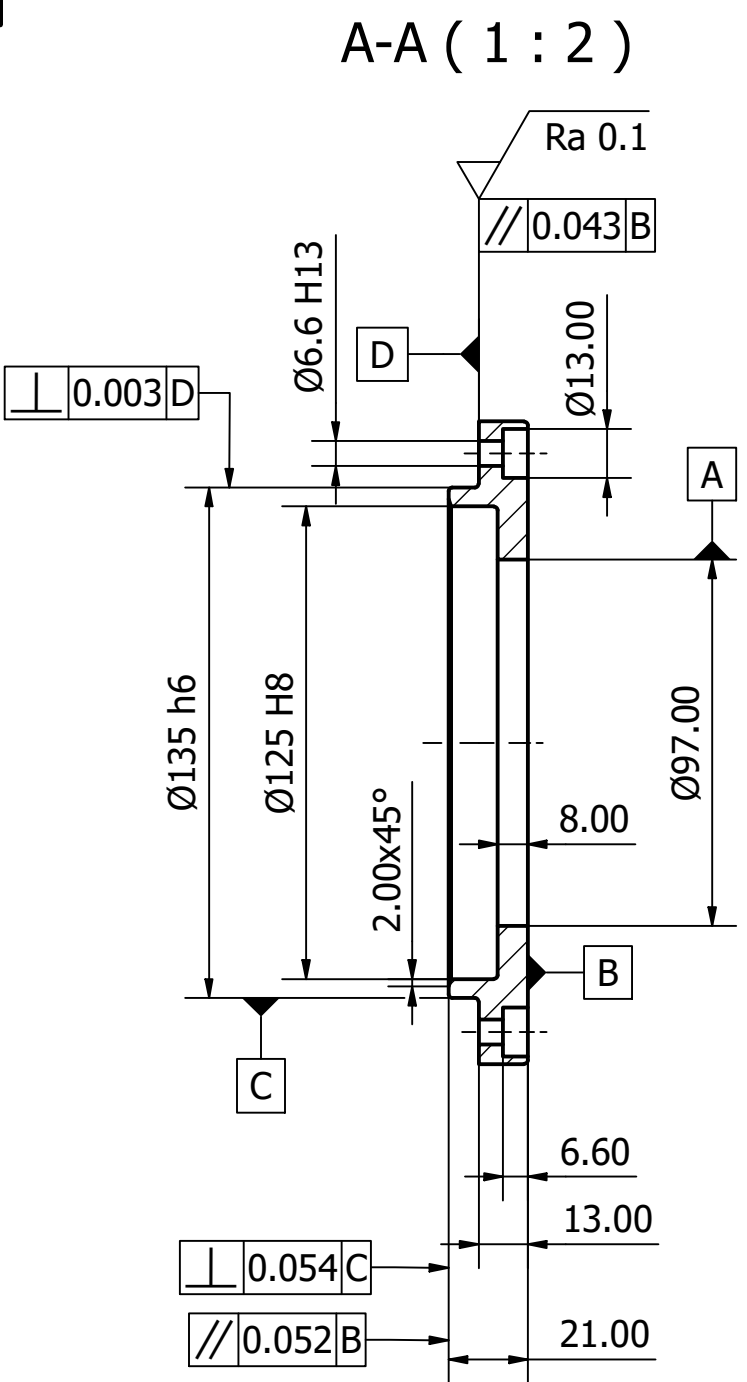
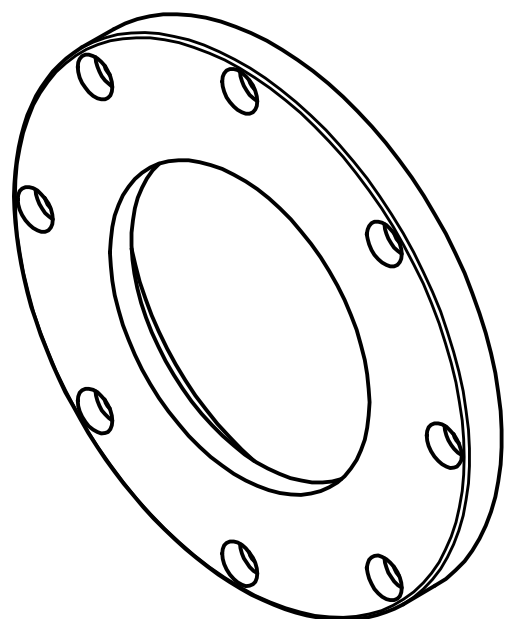
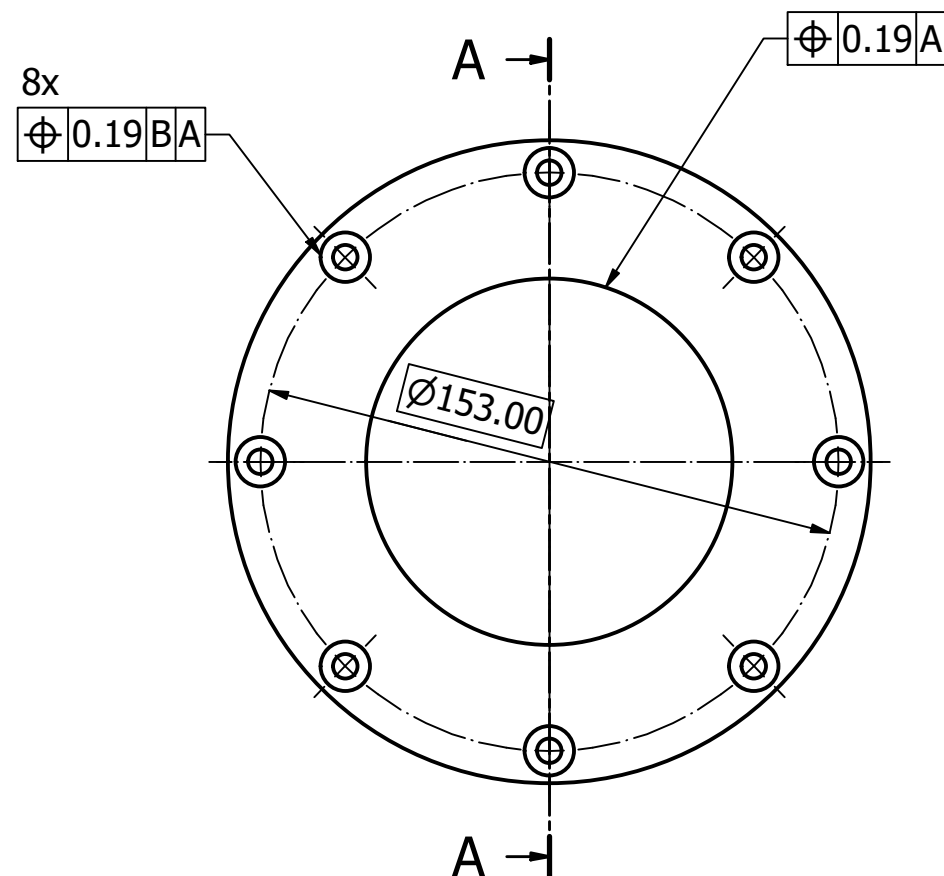
Escala 2 : 1		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm Chanfros não especificados 1.00x45°		 Ra 1.6 µm
Projetado Andreia Santos	05/04/2019	Informação adicional		
Verificado		Material: F-10 (DIN Ck45)		
Aprovado		Peso aproximado: 0,371 kg		
Departamento responsável DeMec	Ref. técnica CTMBSH	Tipo de documento Desenho de Definição	Número do componente 48	
Proprietário legal FEUP	Parceiros HAAS Automation Inc.	Título Veio do Seletor do Mecanismo de Seleção de Base	Número do documento AS000023	
			Data de Edição	Língua pt
				Folha 1/1

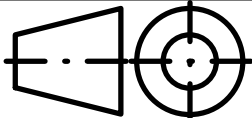



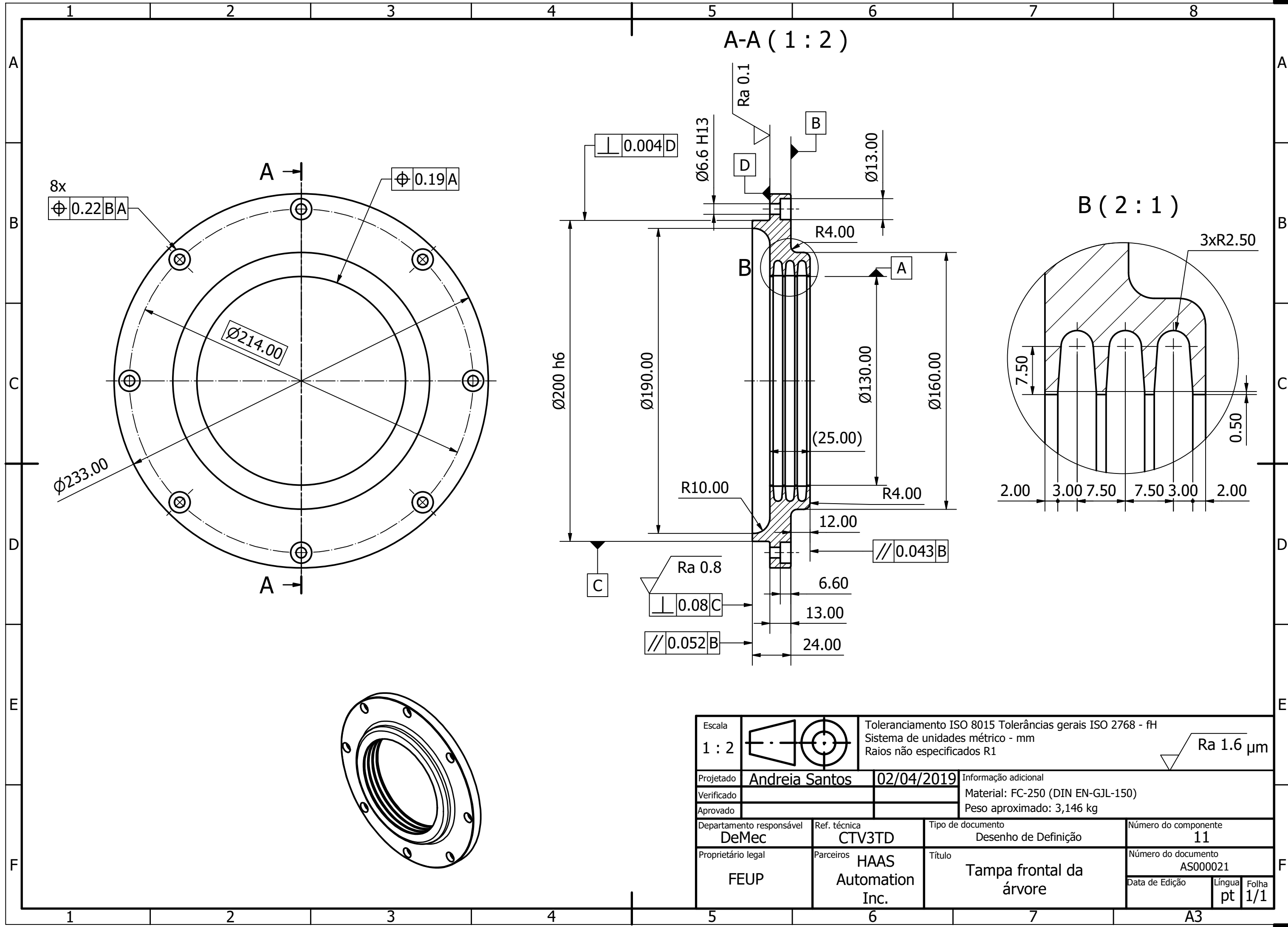


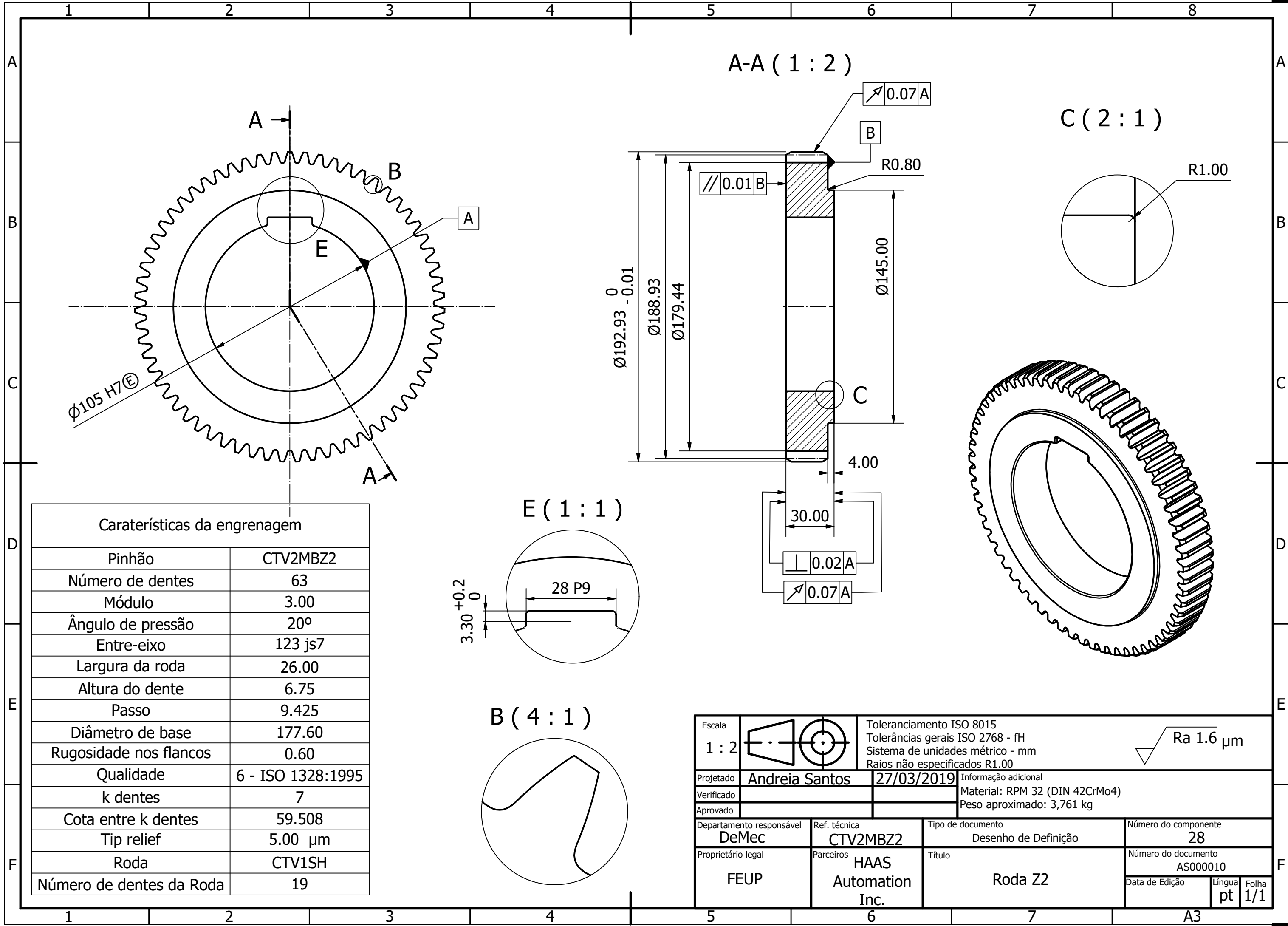


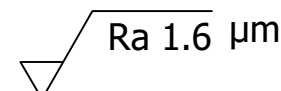
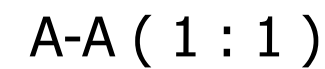
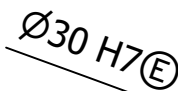




Escala		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH			 Ra 1.6 µm		
1 : 2		Sistema de unidades métrico - mm					
	Raios não especificados R1						
Projetado	Andreia Santos	02/04/2019	Informação adicional				
Verificado			Material: FC-150 (DIN EN-GJL-150)				
Aprovado			Peso aproximado: 1,320 kg				
Departamento responsável		Ref. técnica	Tipo de documento		Número do componente		
DeMec		CTV3T	Desenho de Definição		33		
Proprietário legal		Parceiros	Título		Número do documento		
FEUP		HAAS Automation Inc.	Tampa traseira da árvore		AS000020		
					Data de Edição	Língua	Folha
						pt	1/1

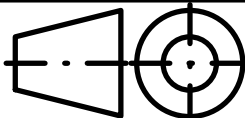
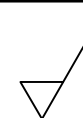


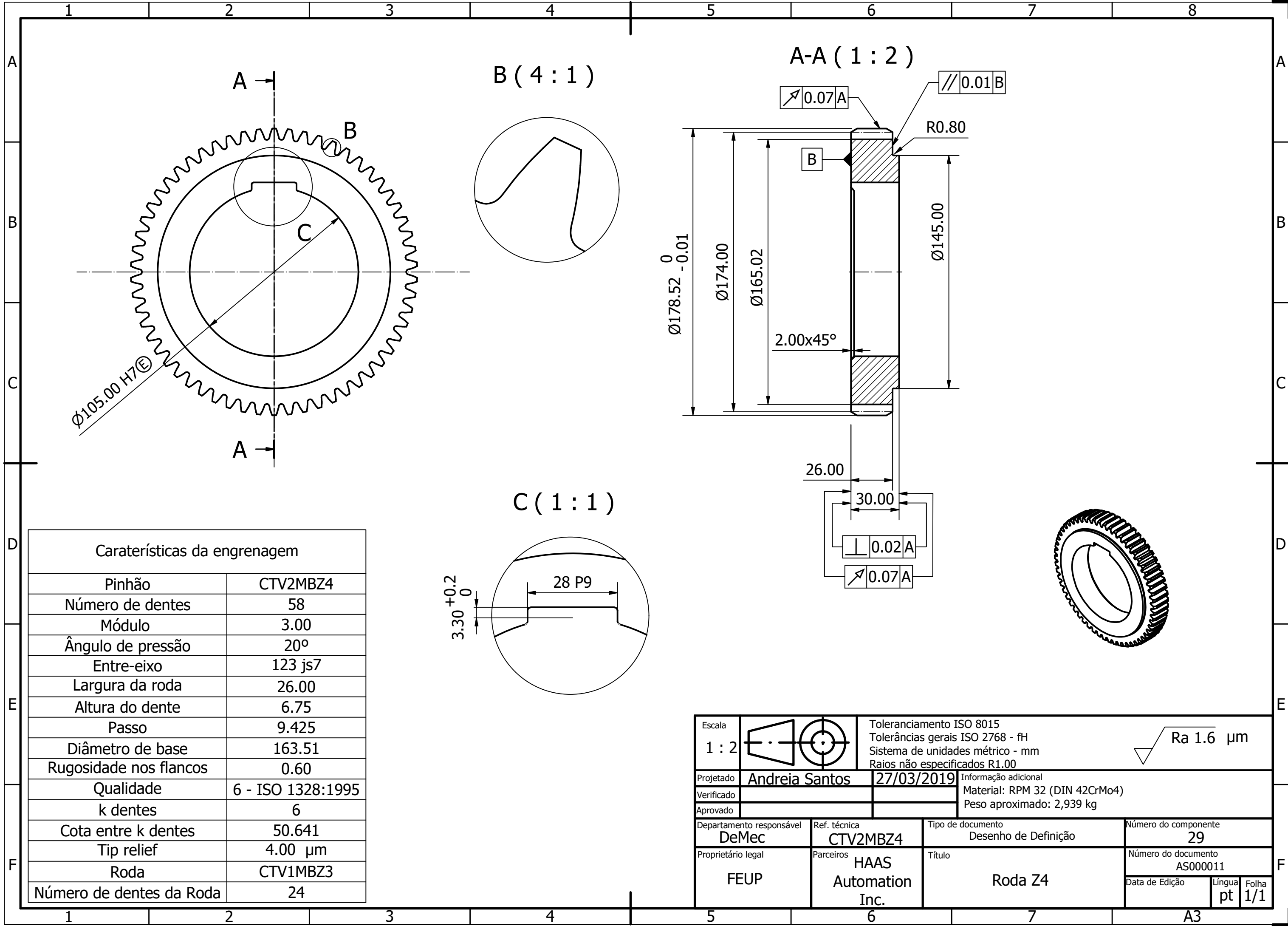


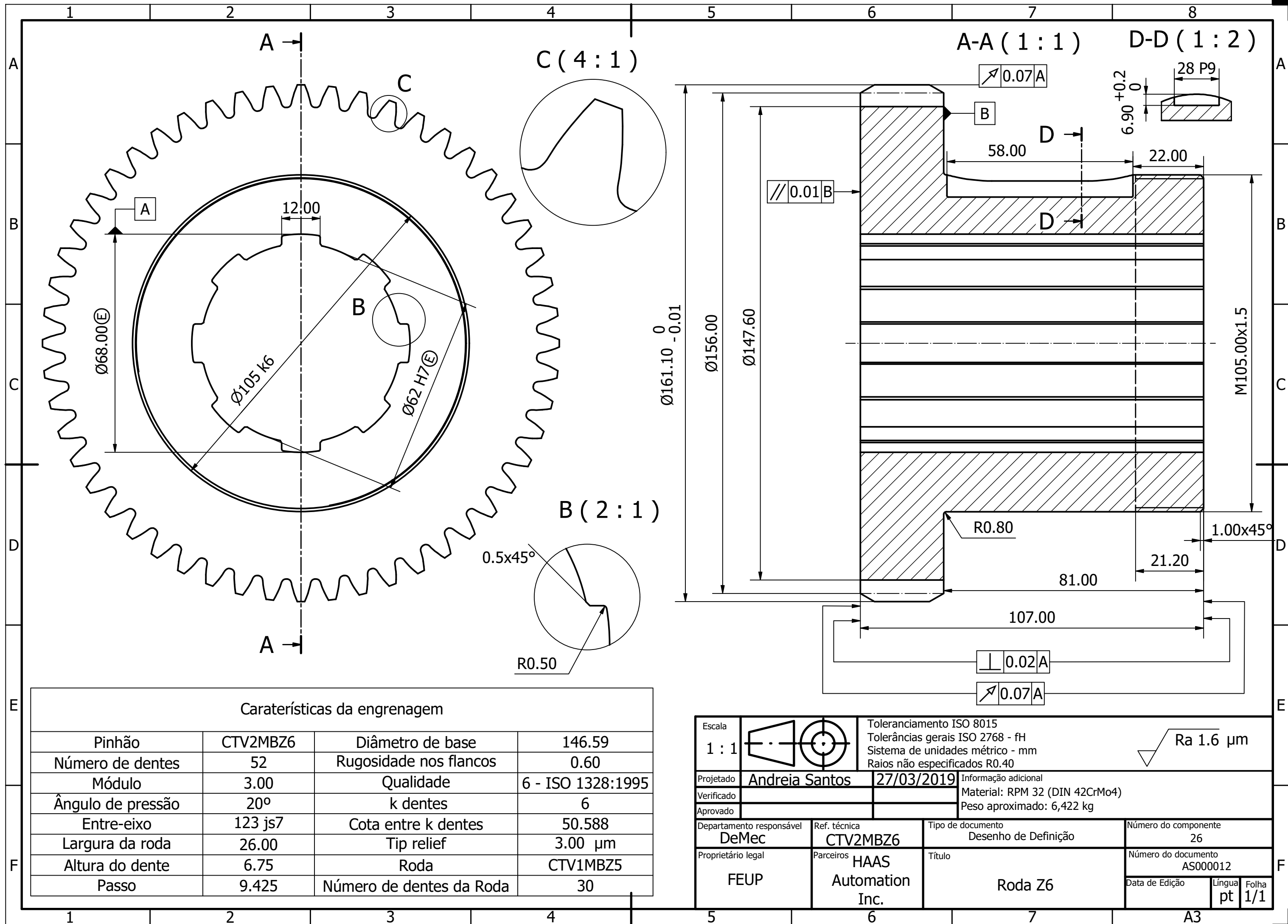


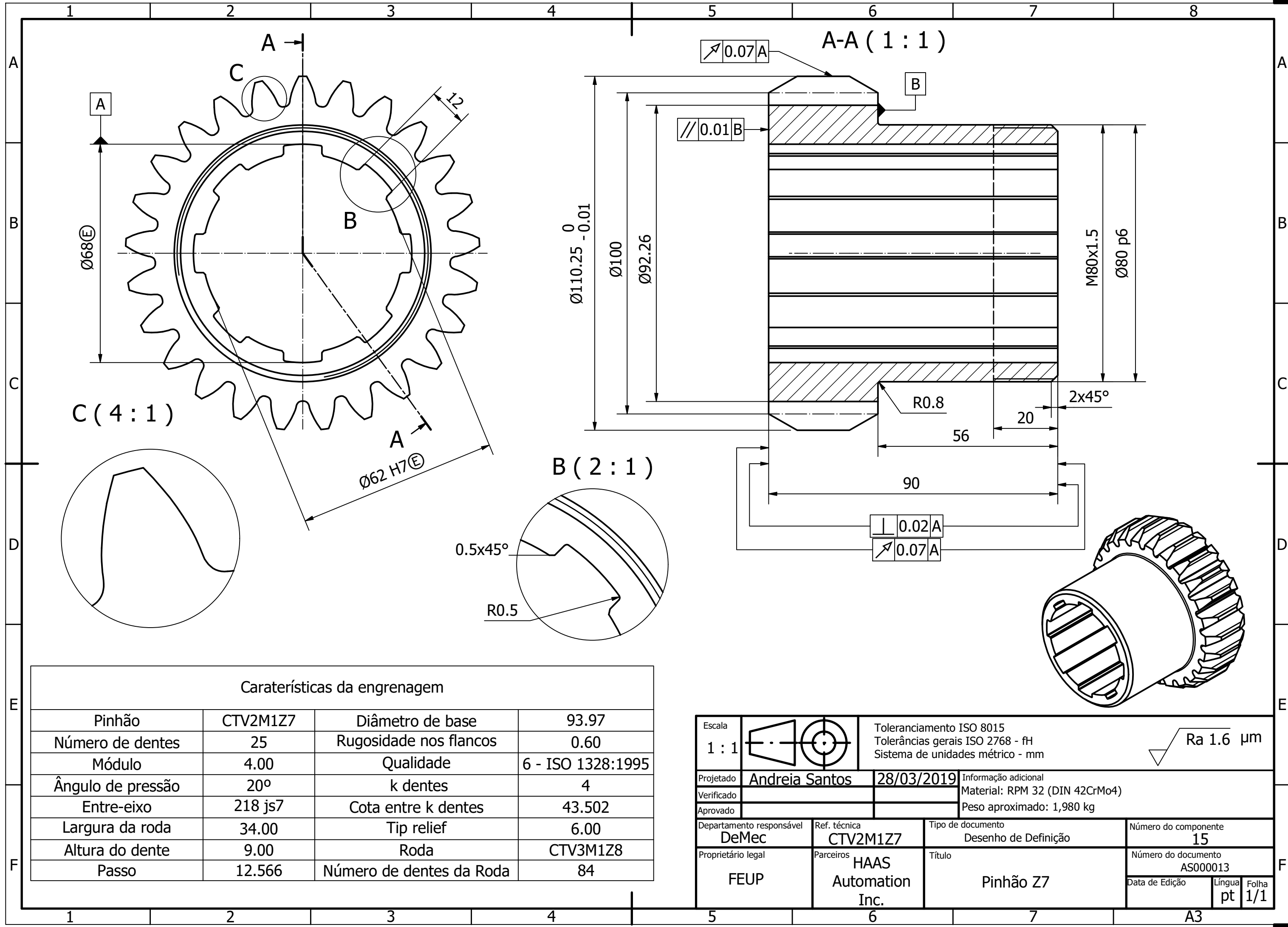
Caraterísticas da engrenagem

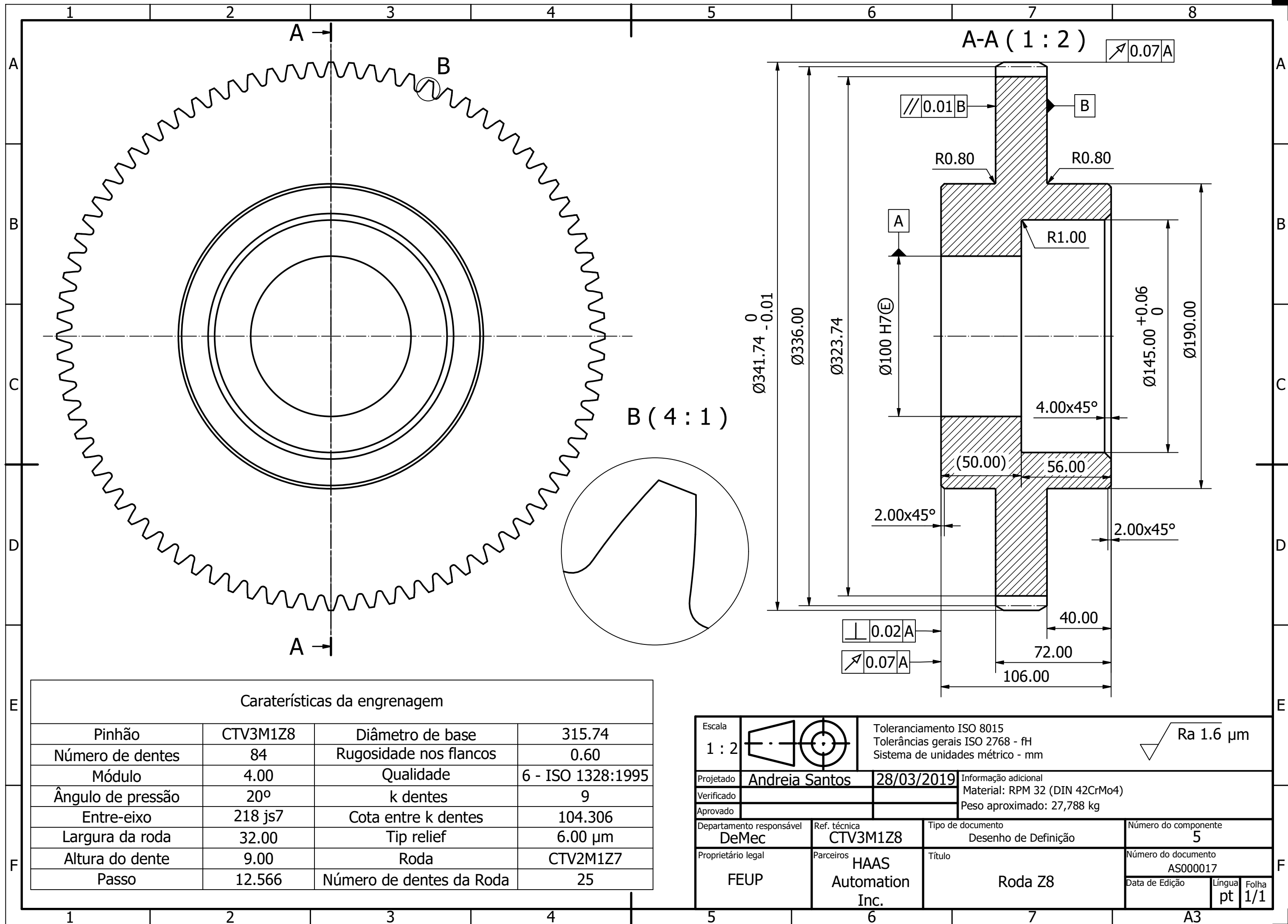
Pinhão	CTV1MBZ3
Nº de dentes	24
Módulo (mm)	3.00
Ângulo de pressão	20º
Entre-eixo	123 js7
Diâmetro da roda	24.00
Altura do dente	6.75
Passo	9.425
Diâmetro de base	67.66
Coeficiente nos flancos	0.60
Qualidade	6 - ISO 1328:1995
Entre k dentes	4
Entre k dentes	32.512
Tip relief	4.00 µm
Roda	CTV2MBZ4
Nº de dentes da Roda	58

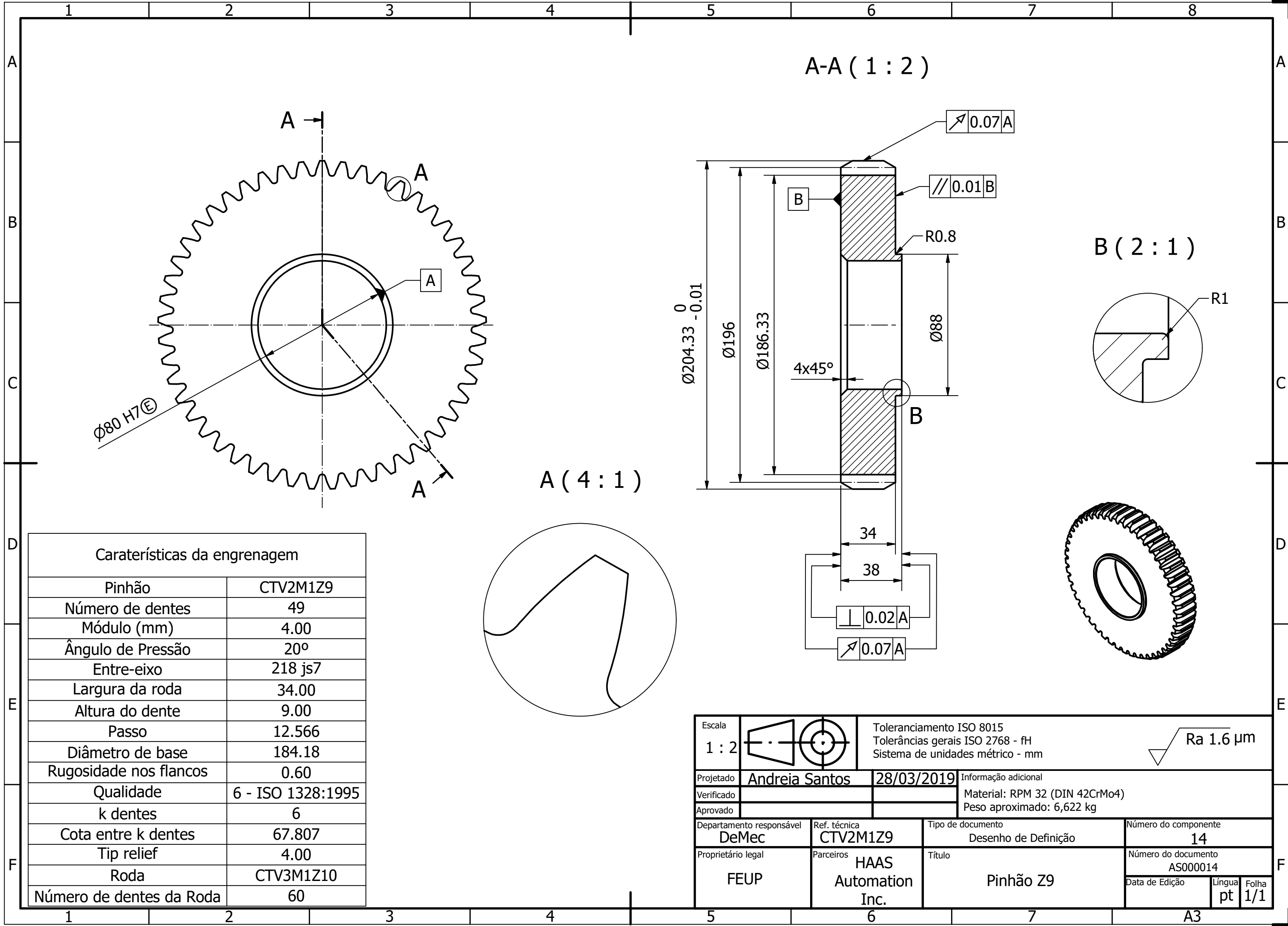
Escala 1 : 1		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm Raios não especificados R1.00		 Ra 1.6 μm
Projetado	Andreia Santos	27/03/2019	Informação Adicional	
Verificado			Material: RPM 32 (DIN 42CrMo4)	
Aprovado			Peso aproximado: 0,726 kg	
Departamento responsável DeMec		Ref. técnica CTV1MBZ3	Tipo de documento Desenho de Definição	
Proprietário legal FEUP		Parceiros HAAS Automation Inc.	Número do componente 21	
		Título Pinhão Z3	Número do documento AS000004	
			Data de Edição	Língua pt
				Folha 1/1

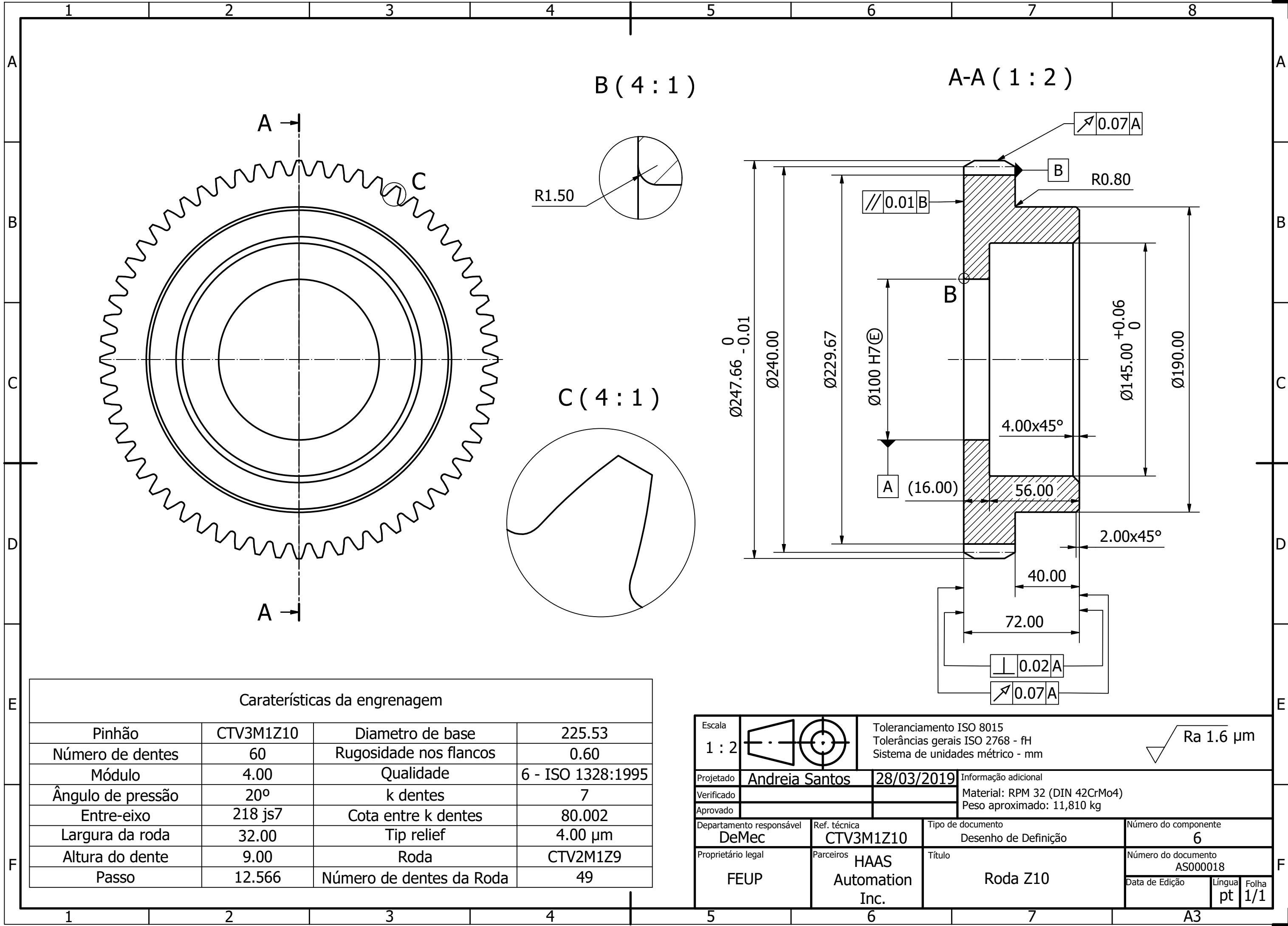


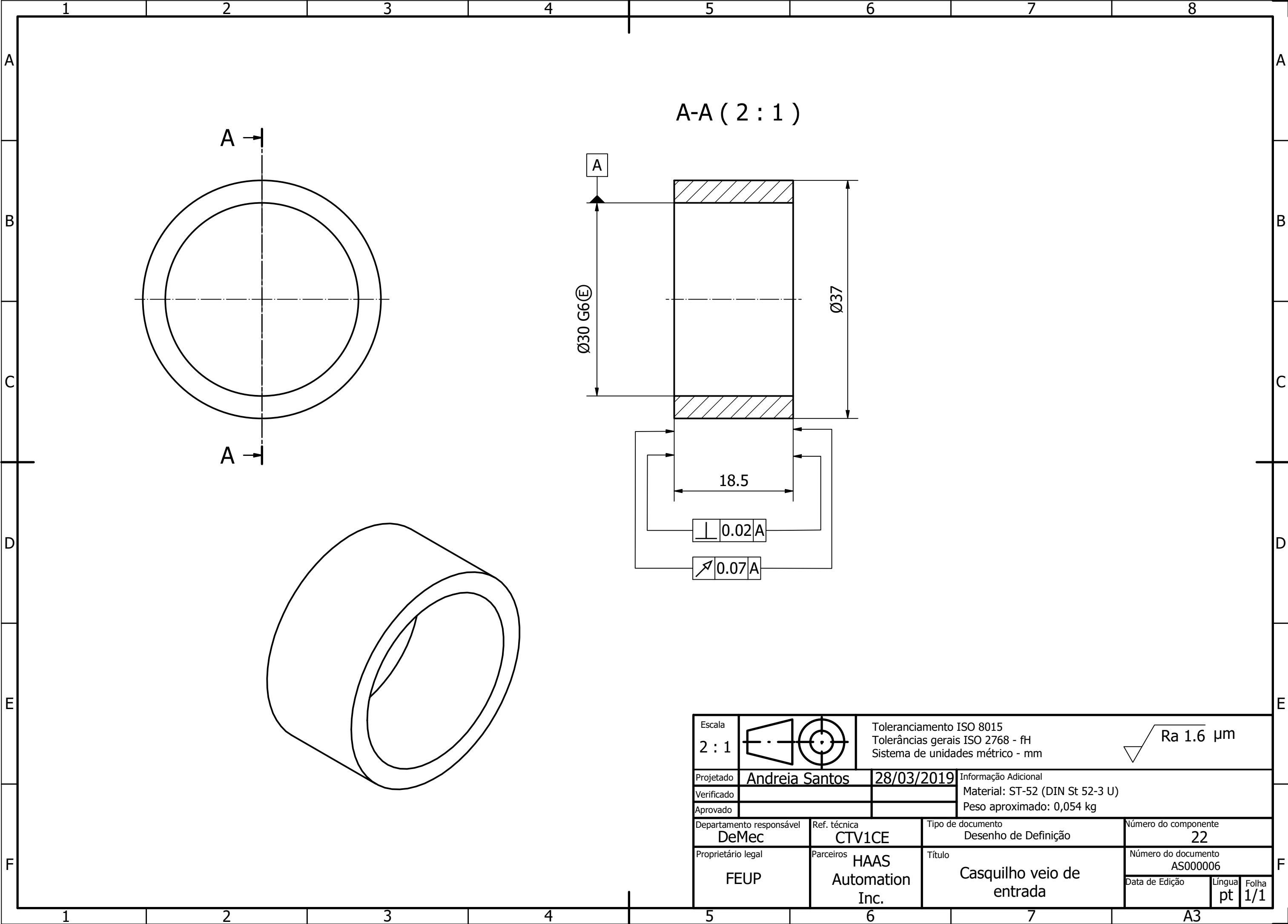


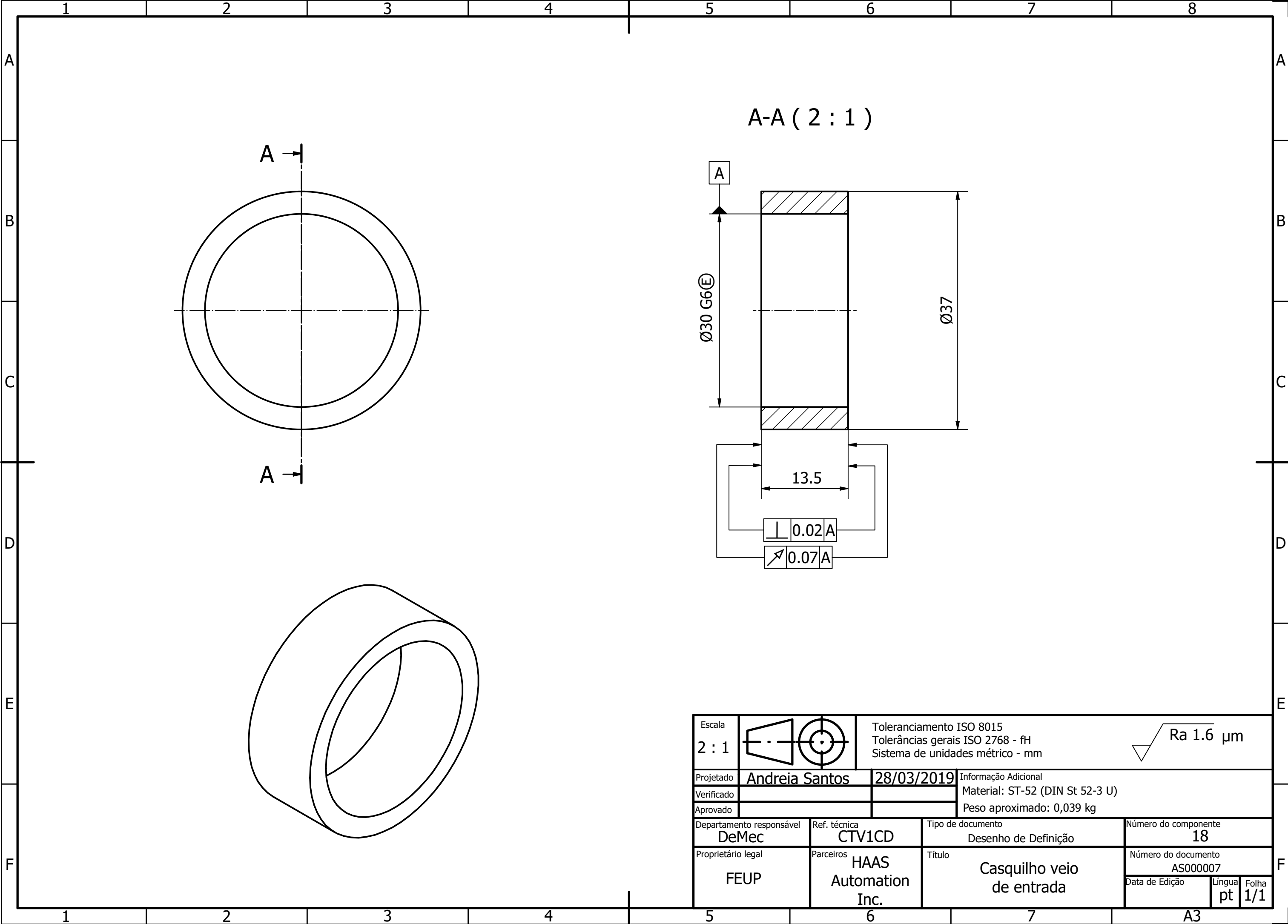


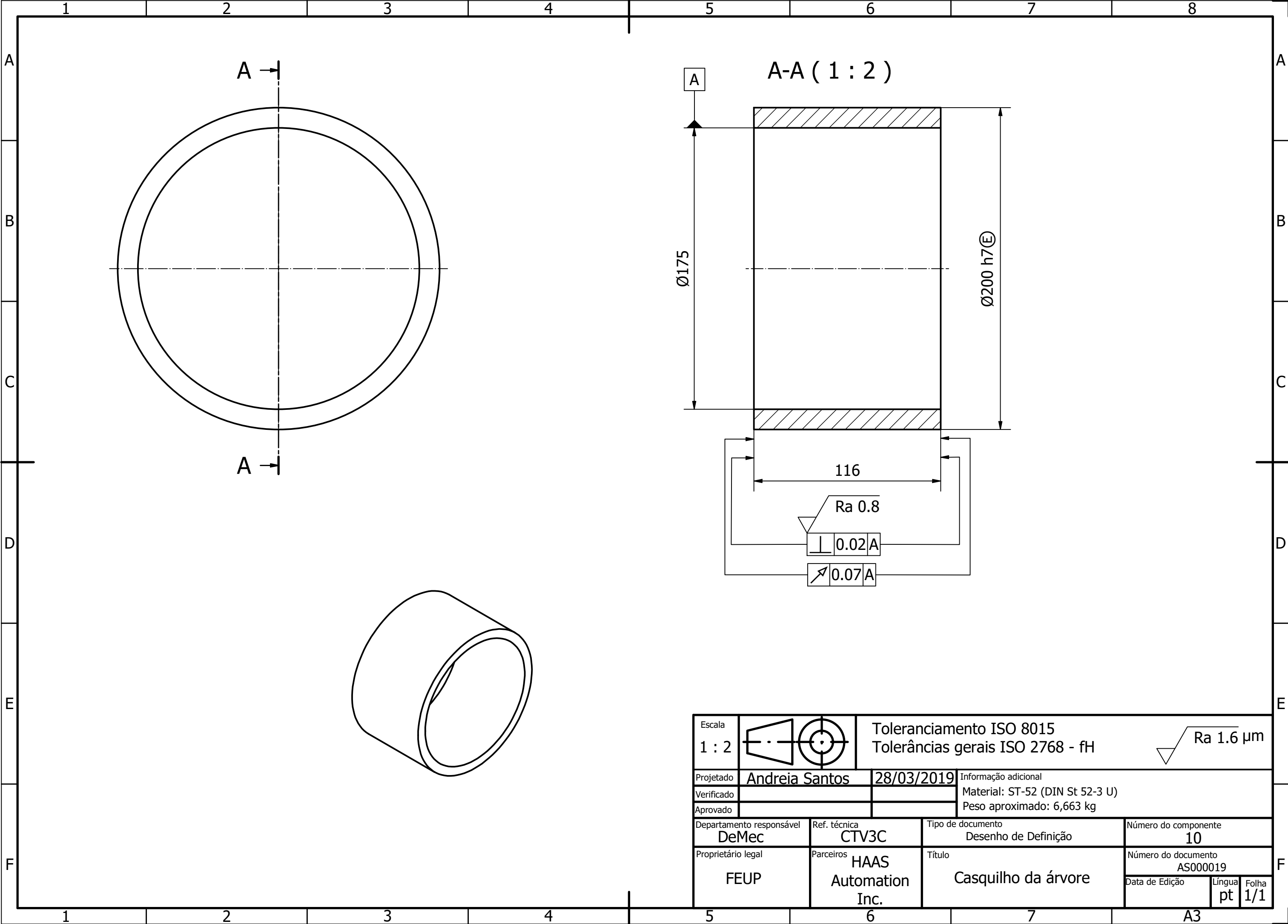


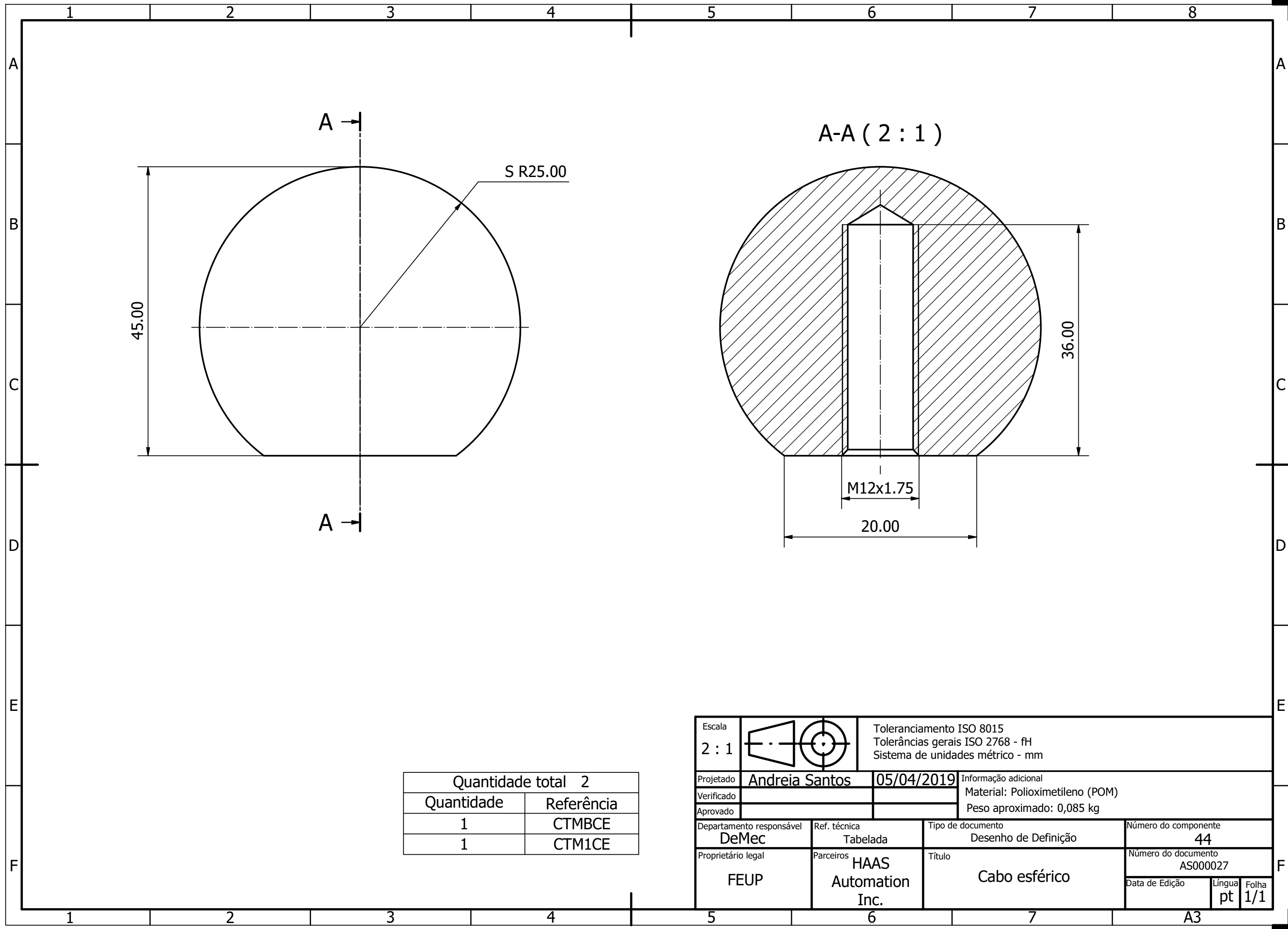


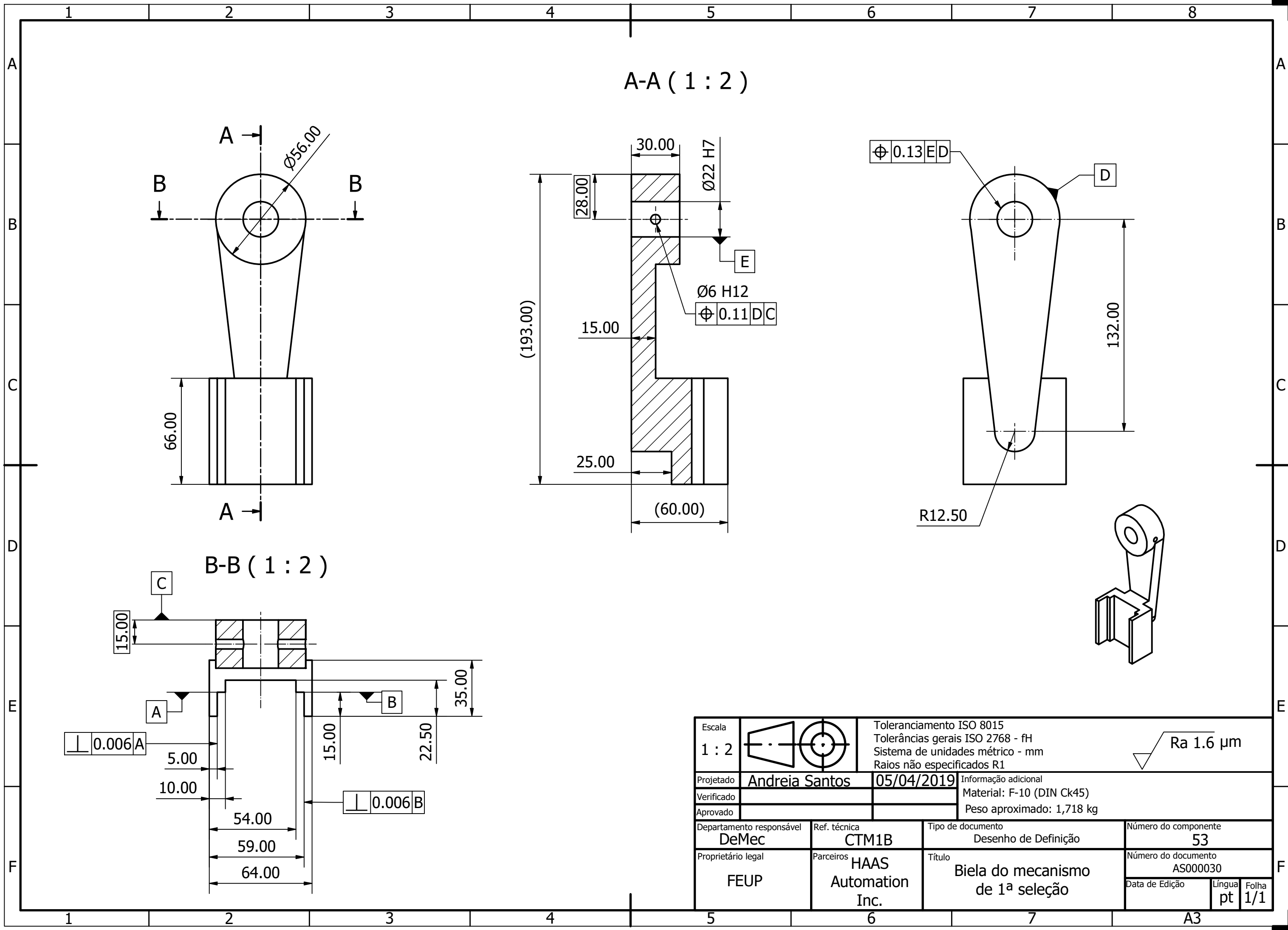


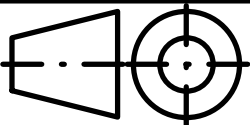

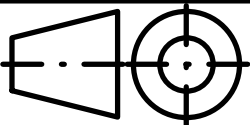

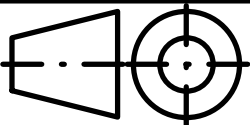



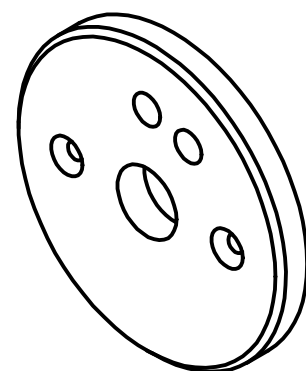
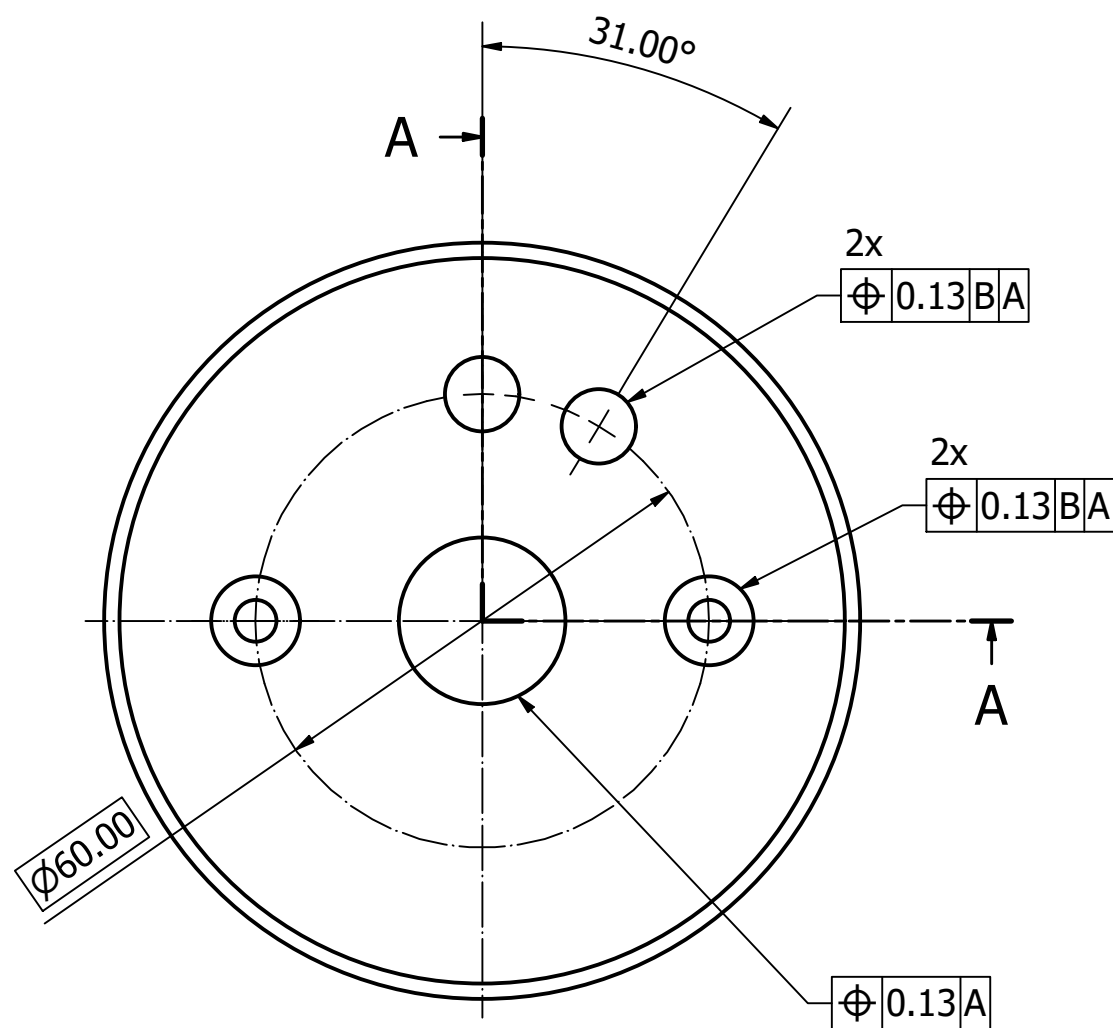




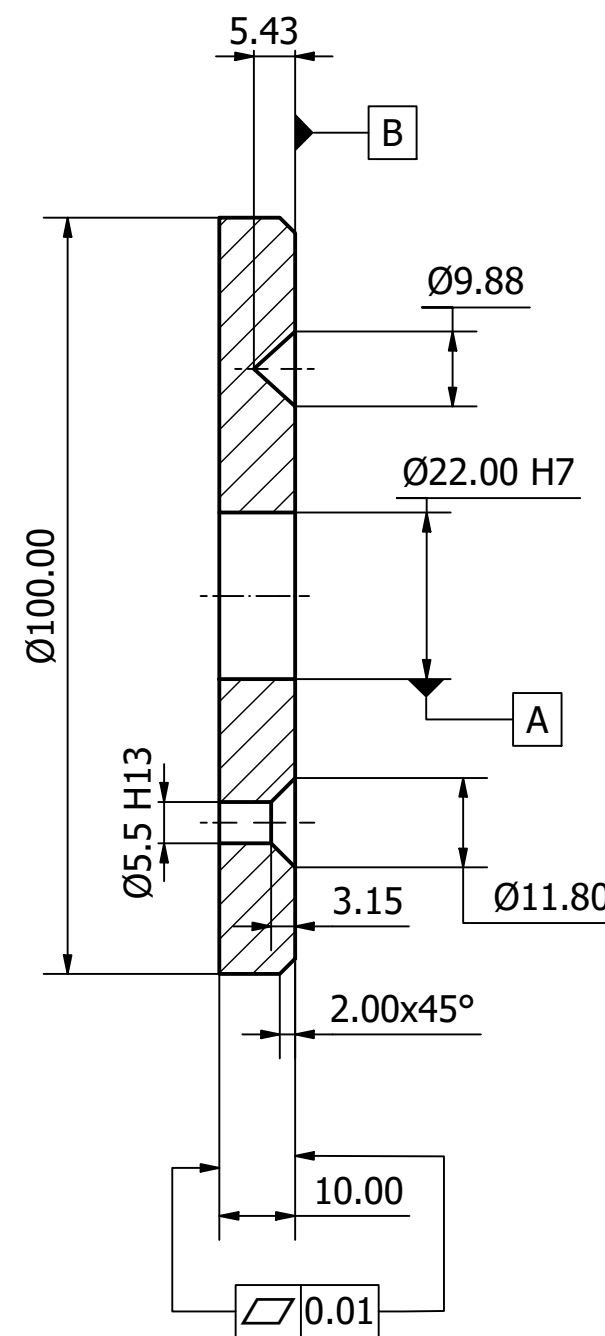




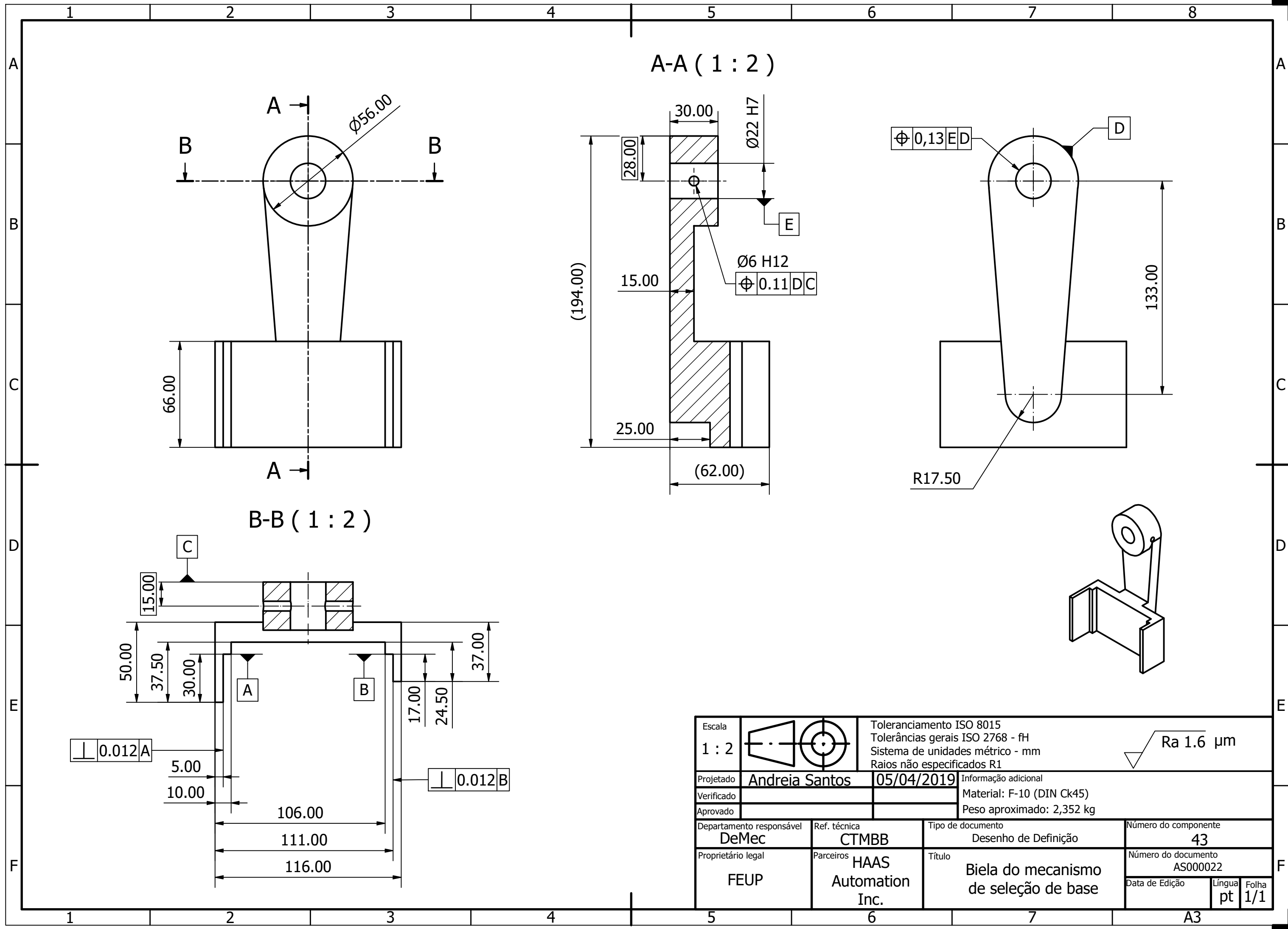
	1	2	3	4																																							
A																																											
B	<div><div><div>15,00</div><div>66,00</div></div></div>																																										
C																																											
D	<div><div><div>10,00</div></div><div></div></div>																																										
E																																											
F	<table><tr><td>Escala 1 : 1</td><td></td><td colspan="2">Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm</td><td> Ra 1.6</td></tr><tr><td>Projetado</td><td>Andreia Santos</td><td>01/06/2019</td><td colspan="2">Informação adicional</td></tr><tr><td>Verificado</td><td></td><td></td><td colspan="2">POM (Polioximetileno)</td></tr><tr><td>Aprovado</td><td></td><td></td><td colspan="2">Peso aproximado: 0,014 kg</td></tr><tr><td colspan="2">Departamento responsável DeMec</td><td>Ref. técnica CTM1POS</td><td colspan="2">Tipo de documento Desenho de Definição</td><td>Número do componente 61</td></tr><tr><td colspan="2">Proprietário legal FEUP</td><td>Parceiros HAAS Automation Inc.</td><td colspan="2">Título Postiço de encosto do Mec. 1ª Sel.</td><td>Número do documento AS000033</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td></td><td colspan="2">Data de edição</td><td>Língua pt</td><td>Folha 1/1</td></tr></table>				Escala 1 : 1		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm		 Ra 1.6	Projetado	Andreia Santos	01/06/2019	Informação adicional		Verificado			POM (Polioximetileno)		Aprovado			Peso aproximado: 0,014 kg		Departamento responsável DeMec		Ref. técnica CTM1POS	Tipo de documento Desenho de Definição		Número do componente 61	Proprietário legal FEUP		Parceiros HAAS Automation Inc.	Título Postiço de encosto do Mec. 1ª Sel.		Número do documento AS000033				Data de edição		Língua pt	Folha 1/1
Escala 1 : 1		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm		 Ra 1.6																																							
Projetado	Andreia Santos	01/06/2019	Informação adicional																																								
Verificado			POM (Polioximetileno)																																								
Aprovado			Peso aproximado: 0,014 kg																																								
Departamento responsável DeMec		Ref. técnica CTM1POS	Tipo de documento Desenho de Definição		Número do componente 61																																						
Proprietário legal FEUP		Parceiros HAAS Automation Inc.	Título Postiço de encosto do Mec. 1ª Sel.		Número do documento AS000033																																						
			Data de edição		Língua pt	Folha 1/1																																					
	1	2	3	A4																																							



A-A (1 : 1)



<p>Escala</p> <p>1 : 1</p>		<p>Toleranciamento ISO 8015</p> <p>Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH</p> <p>Sistemas de unidades métrico - mm</p>	<p></p>
<p>Projetado</p> <p>Andreia Santos</p>	<p>05/04/2019</p>	<p>Informação adicional</p> <p>Material: F-10 (DIN Ck 45)</p> <p>Peso aproximado: 0,575 kg</p>	
<p>Verificado</p>			
<p>Aprovado</p>			
<p>Departamento responsável</p> <p>DeMec</p>	<p>Ref. técnica</p> <p>CTM1PR</p>	<p>Tipo de documento</p> <p>Desenho de Definição</p>	<p>Número do componente</p> <p>54</p>
<p>Proprietário legal</p> <p>FEUP</p>	<p>Parceiros</p> <p>HAAS Automation Inc.</p>	<p>Título</p> <p>Prato de seleção do mecanismo de 1ª seleção</p>	<p>Número do documento</p> <p>AS000032</p>
			<p>Data de Edição</p>
			<p>Língua</p> <p>pt</p>
			<p>Folha</p> <p>1/1</p>



	1	2	3	4
A				
B	<div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div>			
C				
D	<div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div>			
E				
F				

1 : 1

Toleranciamento ISO 8015
Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH
Sistema de unidades métrico - mm

Projetado

Andreia Santos

01/06/2019

Informação adicional

Verificado

POM (Polioximetileno)

Aprovado

Peso aproximado: 0,028 kg

Departamento responsável

DeMec

Ref. técnica

CTMBPOSD

Tipo de documento

Desenho de Definição

Número do componente

59

Proprietário legal

FEUP

Parceiros

HAAS Automation Inc.

Título

Postiço de encosto direito do Mec. Sel. Base

Número do documento

AS000028

Data de edição

Língua

Folha

pt

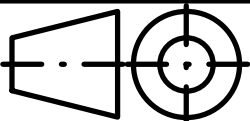
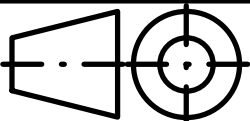
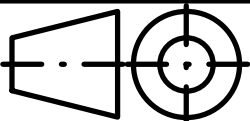
1/1

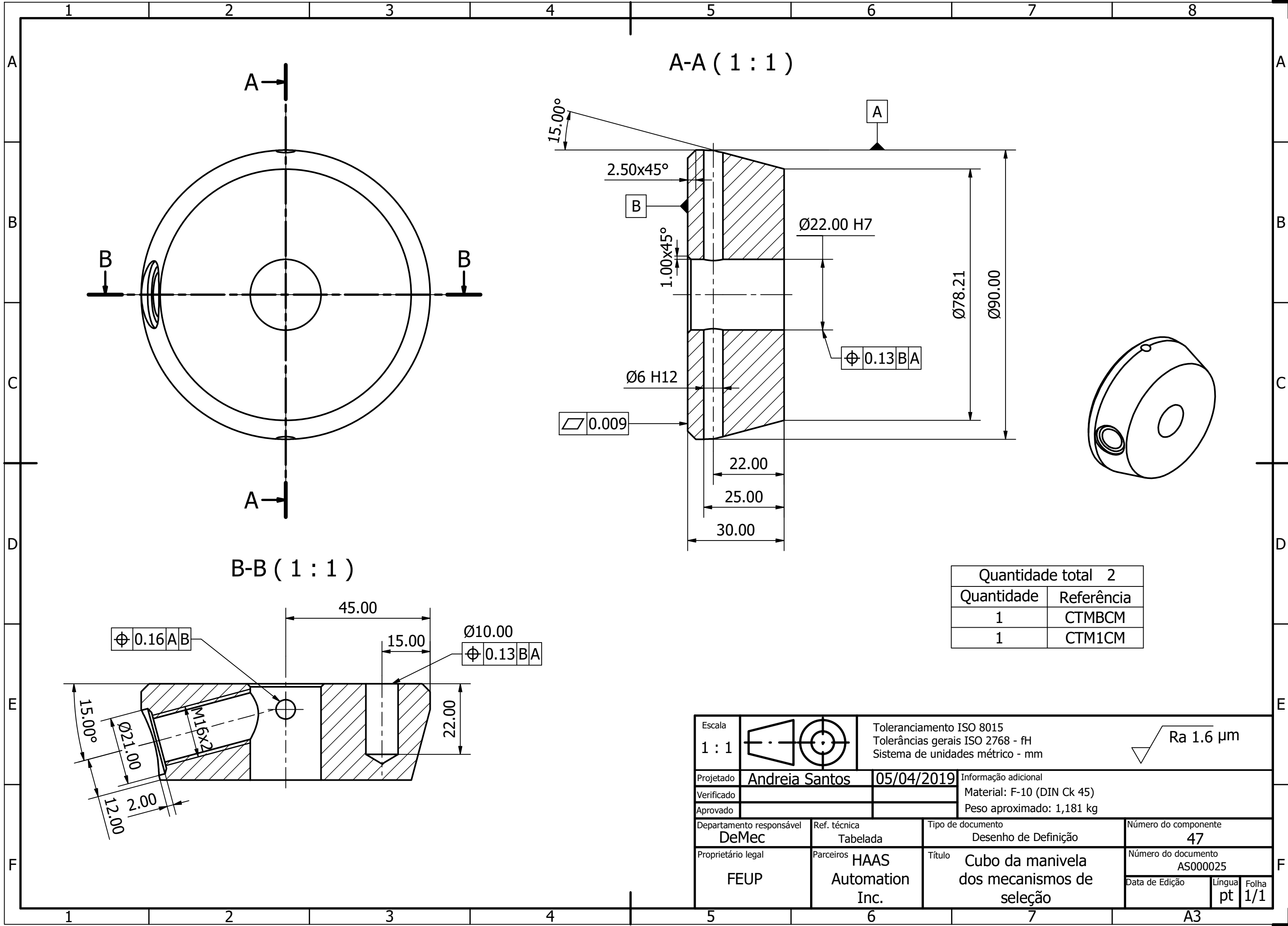
1

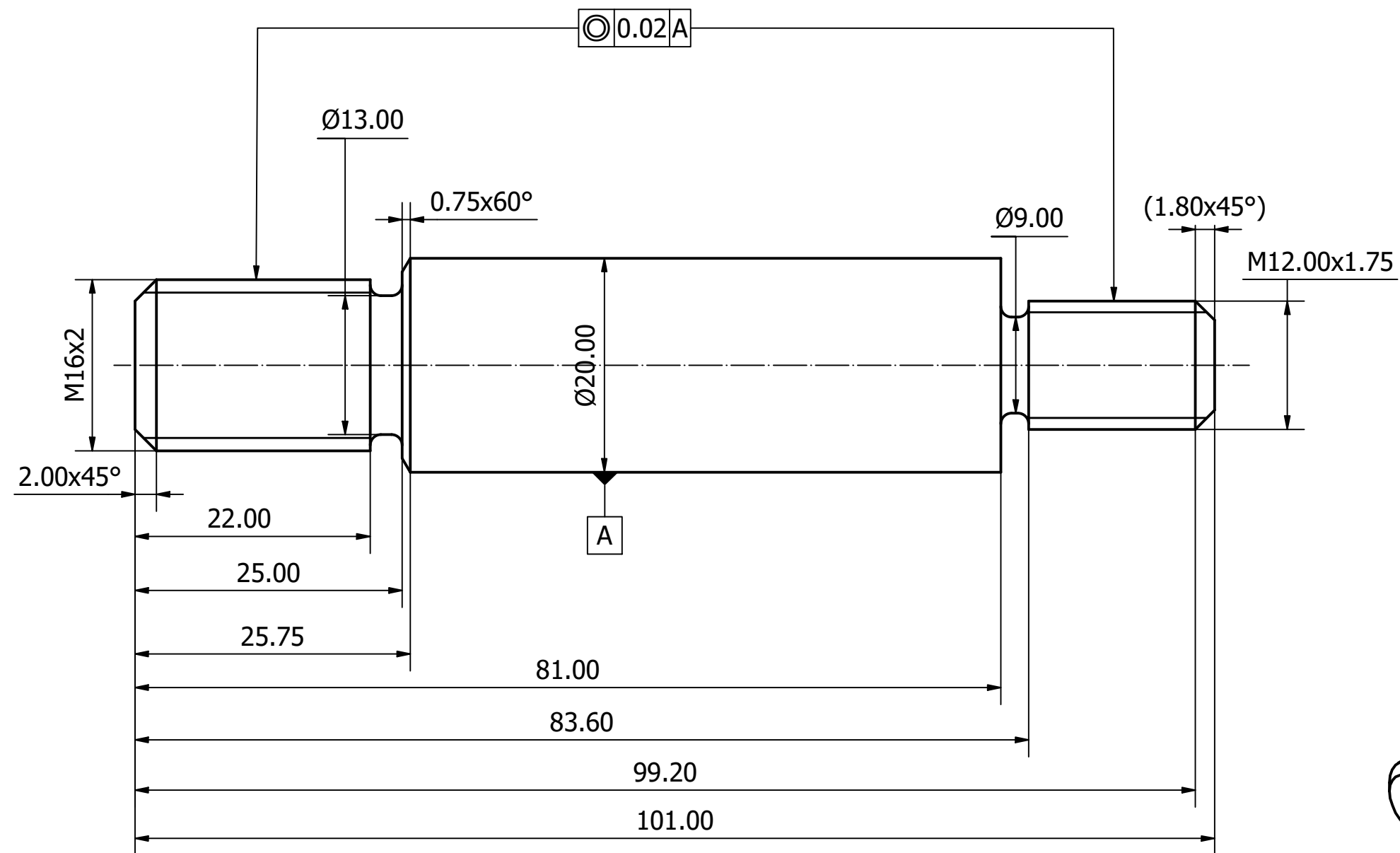
2

3

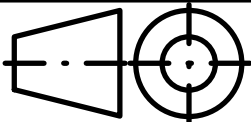

A4

	1	2	3	4																																																
A																																																				
B	<div><div><div>17,00</div><div>66,00</div></div><div><div>10,00</div></div><div></div></div>																																																			
C																																																				
D	<div></div>																																																			
E																																																				
F	<table><tr><td>Escala</td><td></td><td colspan="2">Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm</td></tr><tr><td>Projetado</td><td>Andreia Santos</td><td>01/06/2019</td><td>Informação adicional</td></tr><tr><td>Verificado</td><td></td><td></td><td>POM (Polioximetileno)</td></tr><tr><td>Aprovado</td><td></td><td></td><td>Peso aproximado: 0,016 kg</td></tr><tr><td>Departamento responsável</td><td>Ref. técnica</td><td colspan="2">Tipo de documento</td></tr><tr><td>DeMec</td><td>CTMBPOSE</td><td colspan="2">Desenho de Definição</td></tr><tr><td colspan="2">Número do componente</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="2">58</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>Proprietário legal</td><td>Parceiros</td><td colspan="2">Número do documento</td></tr><tr><td>FEUP</td><td>HAAS Automation Inc.</td><td colspan="2">AS000029</td></tr><tr><td colspan="2">Data de edição</td><td>Língua</td><td>Folha</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td>pt</td><td>1/1</td></tr></table>				Escala		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm		Projetado	Andreia Santos	01/06/2019	Informação adicional	Verificado			POM (Polioximetileno)	Aprovado			Peso aproximado: 0,016 kg	Departamento responsável	Ref. técnica	Tipo de documento		DeMec	CTMBPOSE	Desenho de Definição		Número do componente				58				Proprietário legal	Parceiros	Número do documento		FEUP	HAAS Automation Inc.	AS000029		Data de edição		Língua	Folha			pt	1/1
Escala		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm																																																		
Projetado	Andreia Santos	01/06/2019	Informação adicional																																																	
Verificado			POM (Polioximetileno)																																																	
Aprovado			Peso aproximado: 0,016 kg																																																	
Departamento responsável	Ref. técnica	Tipo de documento																																																		
DeMec	CTMBPOSE	Desenho de Definição																																																		
Número do componente																																																				
58																																																				
Proprietário legal	Parceiros	Número do documento																																																		
FEUP	HAAS Automation Inc.	AS000029																																																		
Data de edição		Língua	Folha																																																	
		pt	1/1																																																	
	1	2	3	A4																																																

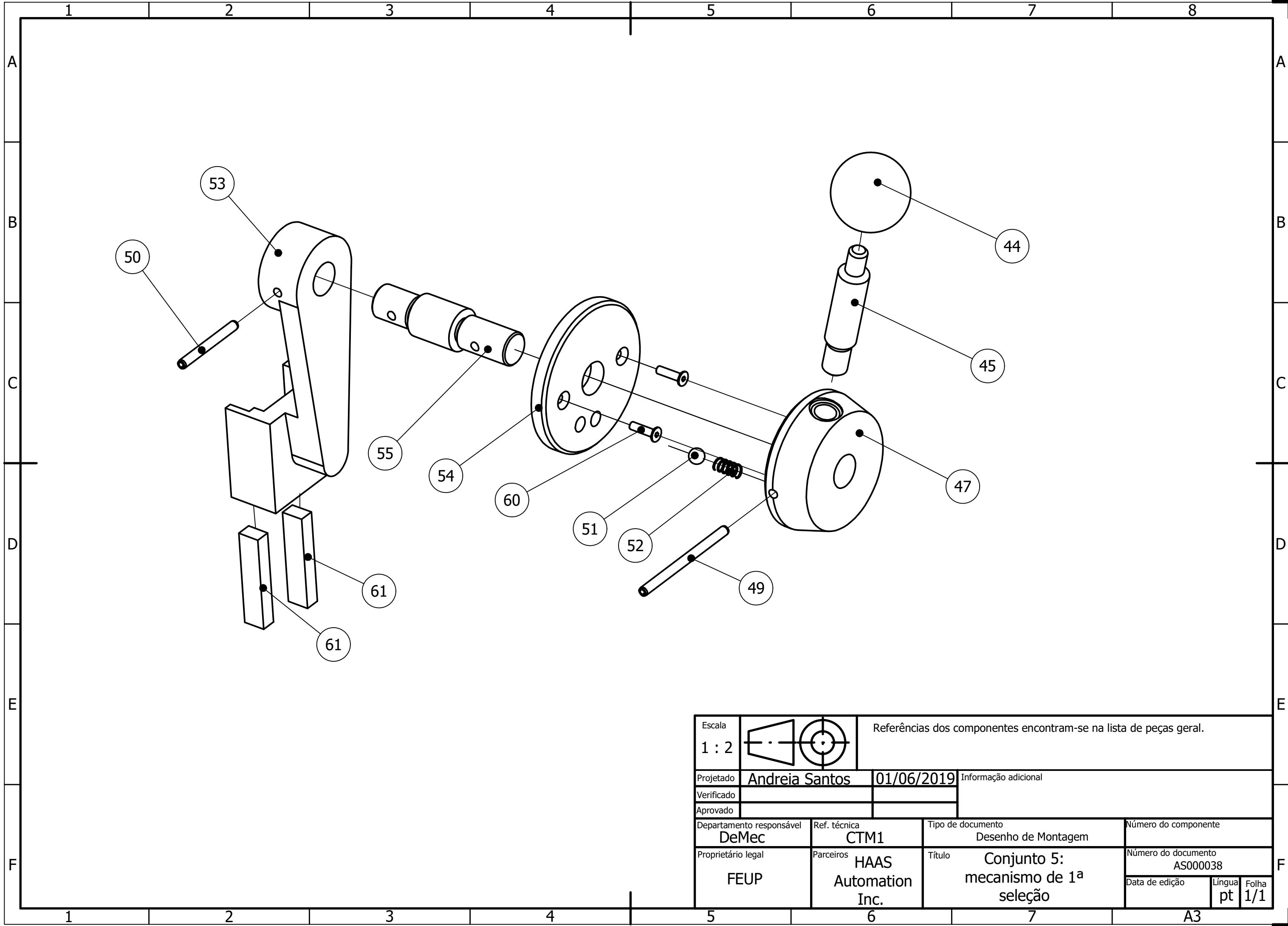




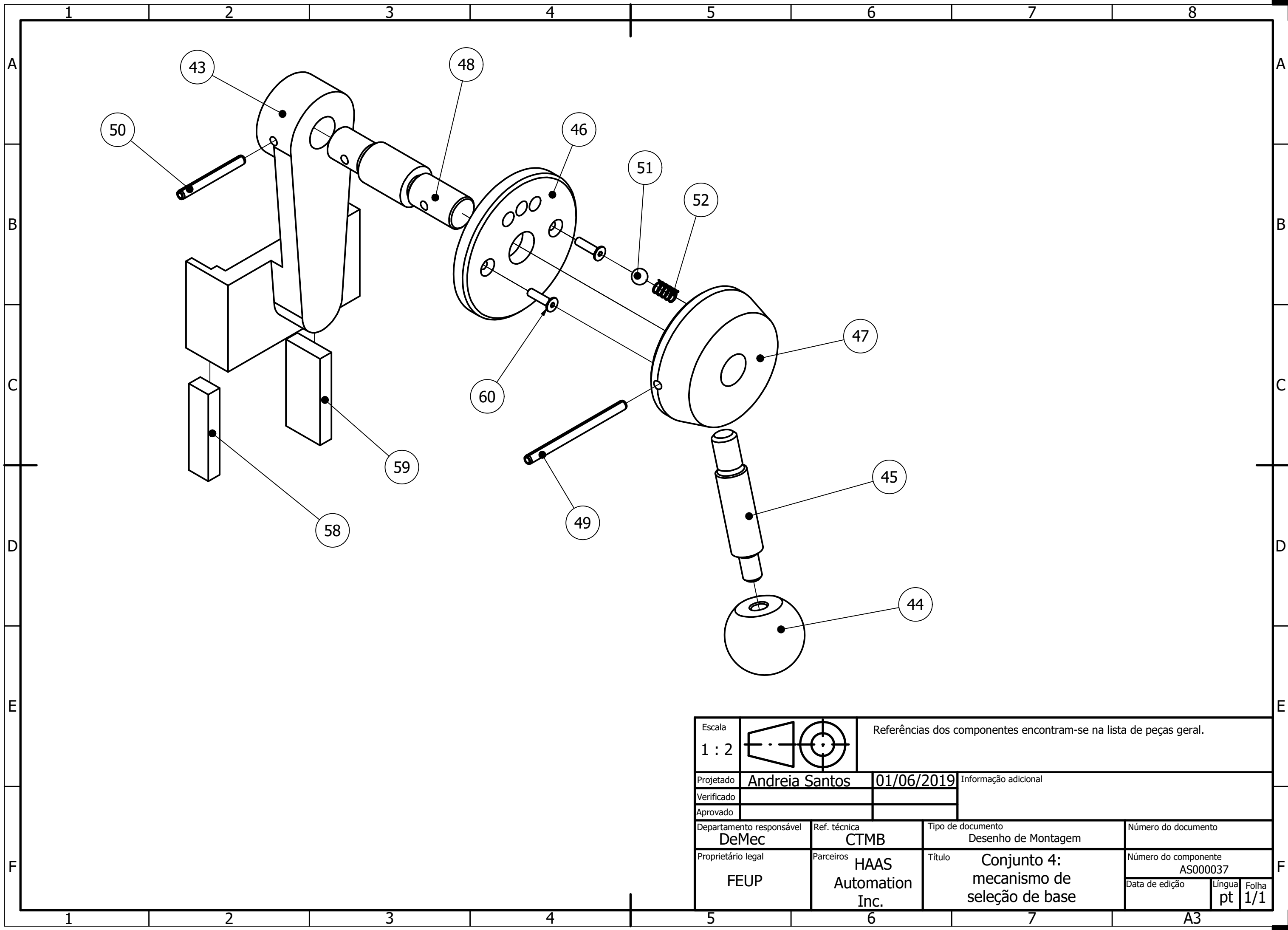
Quantidade total 2	
Quantidade	Referência
1	CTMBMN
1	CTM1MN

Escala		Toleranciamento ISO 8015		 Ra 1.6 µm
2 : 1		Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH		
		Sistema de unidades métrico - mm		
		Raios não especificados R1		
Projetado	Andreia Santos	05/04/2019	Informação adicional	
Verificado			Material: F-10 (DIN Ck 45)	
Aprovado			Peso aproximado: 0,192 kg	
Departamento responsável		Ref. técnica	Tipo de documento	Número do componente
DeMec		Tabelada	Desenho de Definição	45
Proprietário legal		Parceiros	Título	Número do documento
FEUP		HAAS Automation Inc.	Manivela	AS000026
				Data de Edição
				Língua
				pt
				Folha
				1/1

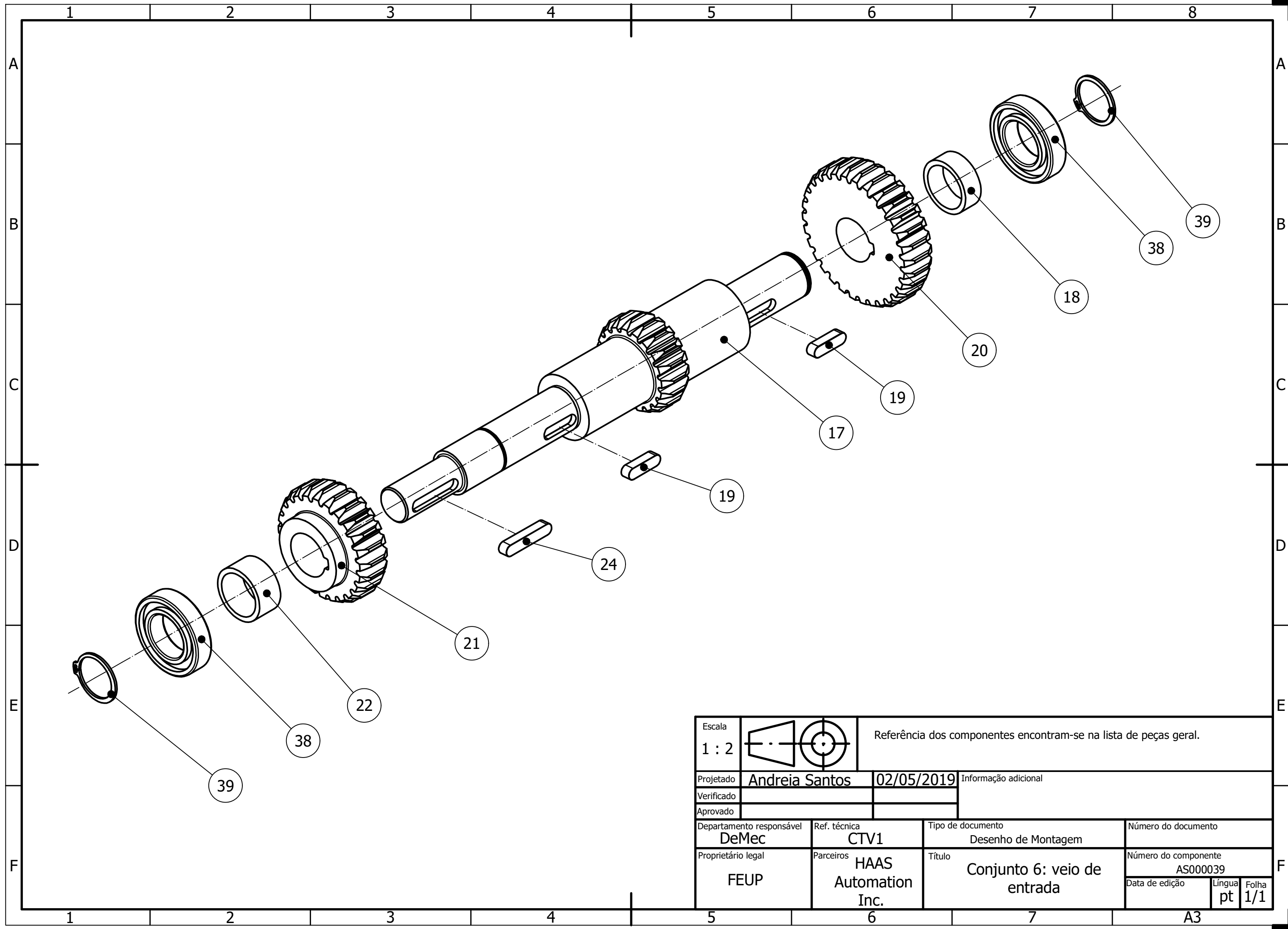
	1	2	3	4																																								
A																																												
B																																												
C																																												
D																																												
E																																												
F	<table border="1"> <tr> <td> Escala 1 : 1 </td> <td> </td> <td colspan="2"> Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm </td> <td> Ra 1.6 µm </td> </tr> <tr> <td> Projetado </td> <td> Andreia Santos </td> <td> 28/05/2019 </td> <td colspan="2"> Informação adicional </td> </tr> <tr> <td> Verificado </td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"> Material: C3 (DIN Ck 45 K) </td> </tr> <tr> <td> Aprovado </td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"> Peso aproximado: 0,182 kg </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Departamento responsável DeMec </td> <td> Ref. técnica CTV2MBCH </td> <td> Tipo de documento Desenho de Definição </td> <td> Número do componente 27 </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Proprietário legal FEUP </td> <td> Parceiros HAAS Automation Inc. </td> <td> Título Chaveta não normalizada </td> <td> Número do documento AS000034 </td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td> Data de edição </td> <td> Língua pt </td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="2"> Folha 1/1 </td> </tr> </table>				Escala 1 : 1		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm		Ra 1.6 µm	Projetado	Andreia Santos	28/05/2019	Informação adicional		Verificado			Material: C3 (DIN Ck 45 K)		Aprovado			Peso aproximado: 0,182 kg		Departamento responsável DeMec		Ref. técnica CTV2MBCH	Tipo de documento Desenho de Definição	Número do componente 27	Proprietário legal FEUP		Parceiros HAAS Automation Inc.	Título Chaveta não normalizada	Número do documento AS000034				Data de edição	Língua pt				Folha 1/1	
Escala 1 : 1		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm		Ra 1.6 µm																																								
Projetado	Andreia Santos	28/05/2019	Informação adicional																																									
Verificado			Material: C3 (DIN Ck 45 K)																																									
Aprovado			Peso aproximado: 0,182 kg																																									
Departamento responsável DeMec		Ref. técnica CTV2MBCH	Tipo de documento Desenho de Definição	Número do componente 27																																								
Proprietário legal FEUP		Parceiros HAAS Automation Inc.	Título Chaveta não normalizada	Número do documento AS000034																																								
			Data de edição	Língua pt																																								
			Folha 1/1																																									
	1	2	3	A4																																								

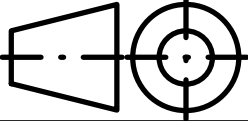


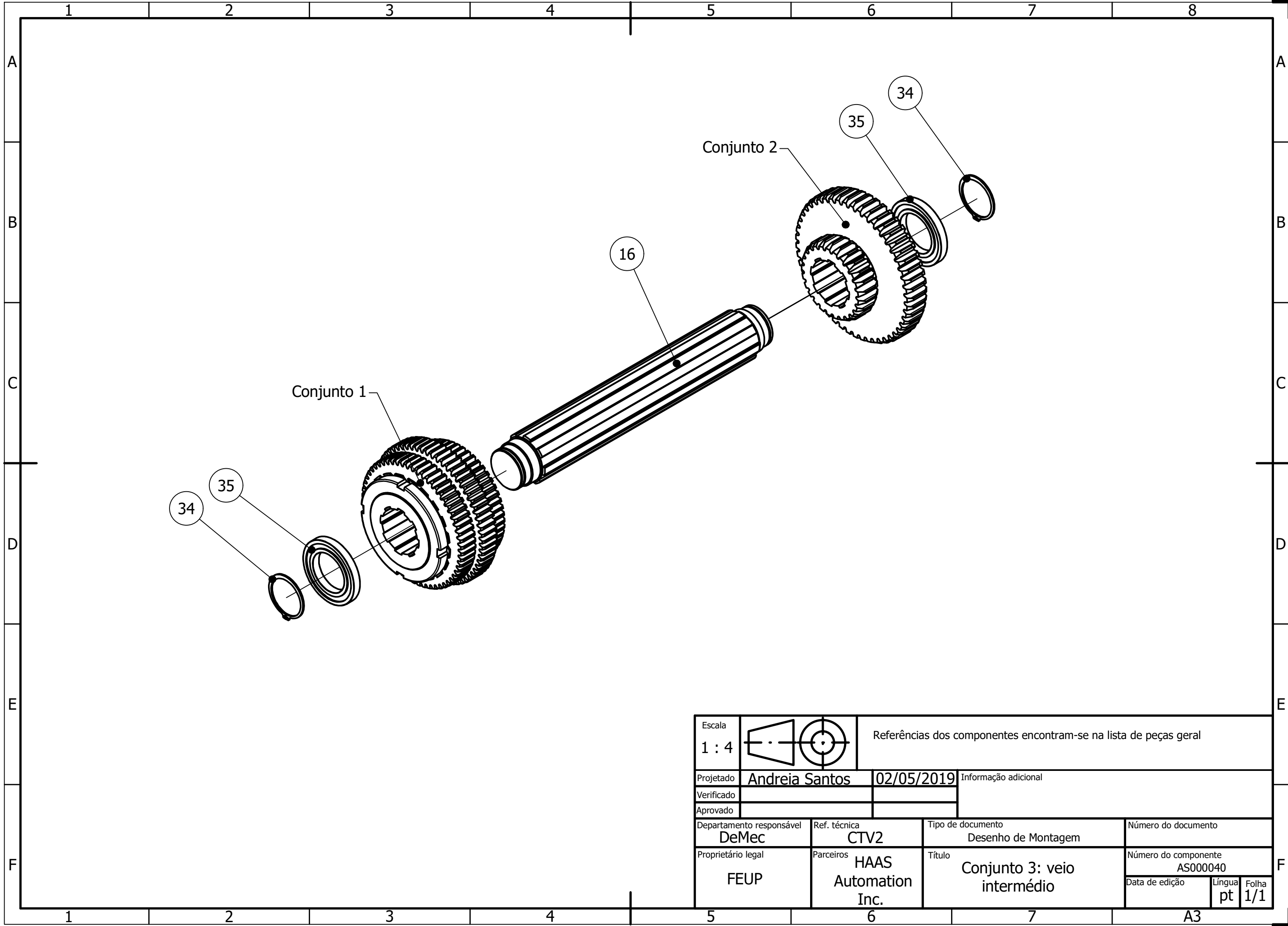
Escala			Referências dos componentes encontram-se na lista de peças geral.		
1 : 2					
Projetado	Andreia Santos	01/06/2019	Informação adicional		
Verificado					
Aprovado					
Departamento responsável	DeMec	Ref. técnica	CTM1	Tipo de documento	Número do componente
				Desenho de Montagem	
Proprietário legal	FEUP	Parceiros	HAAS Automation Inc.	Título	Número do documento
				Conjunto 5: mecanismo de 1ª seleção	AS000038
					Data de edição
					Língua
					Folha
					pt 1/1



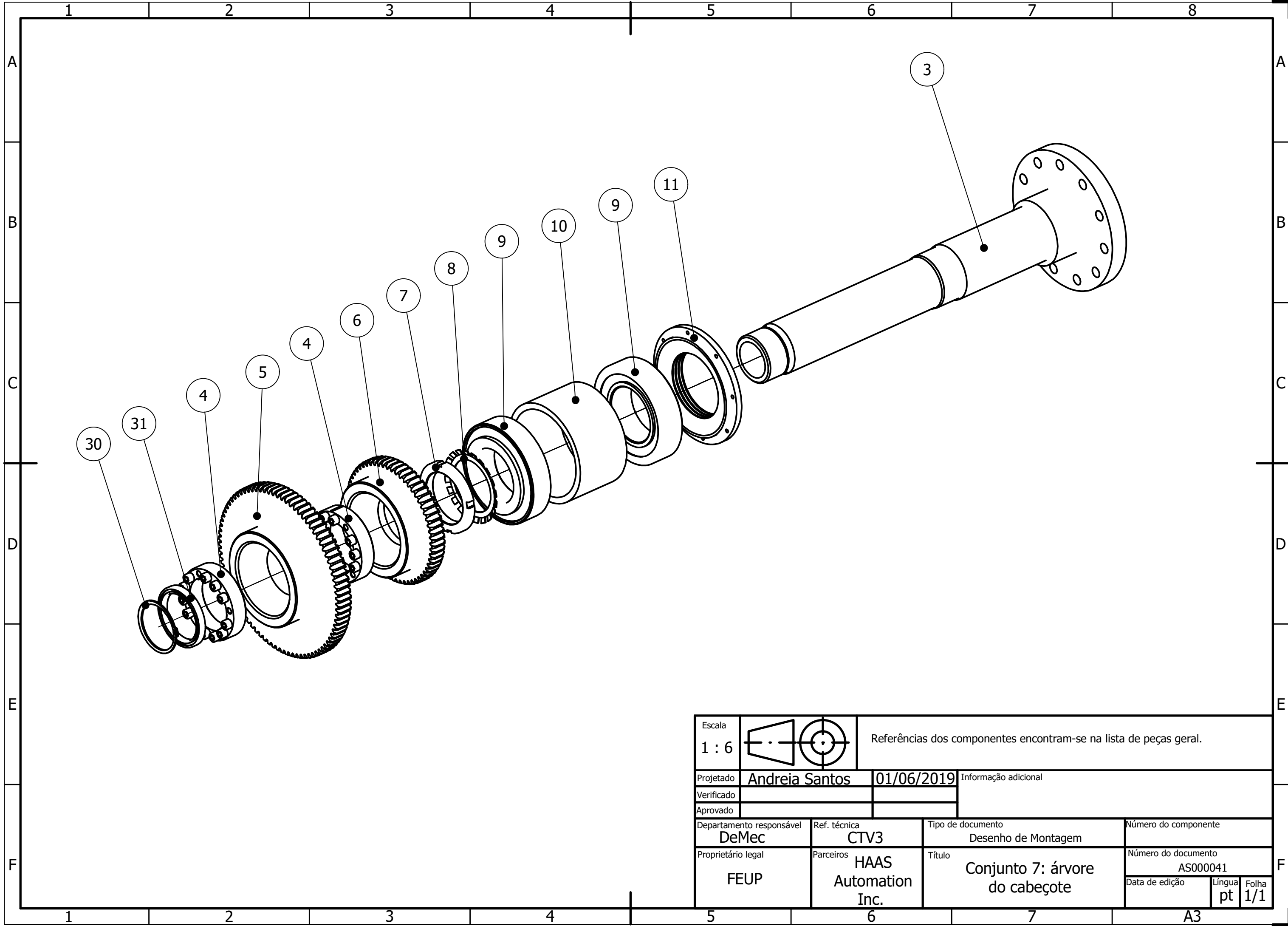
Escala			Referências dos componentes encontram-se na lista de peças geral.				
1 : 2							
Projetado	Andreia Santos		01/06/2019	Informação adicional			
Verificado							
Aprovado							
Departamento responsável		Ref. técnica		Tipo de documento		Número do documento	
DeMec		CTMB		Desenho de Montagem			
Proprietário legal		Parceiros		Título		Número do componente	
FEUP		HAAS Automation Inc.		Conjunto 4: mecanismo de seleção de base		AS000037	
						Data de edição	Língua
							pt
							Folha
							1/1



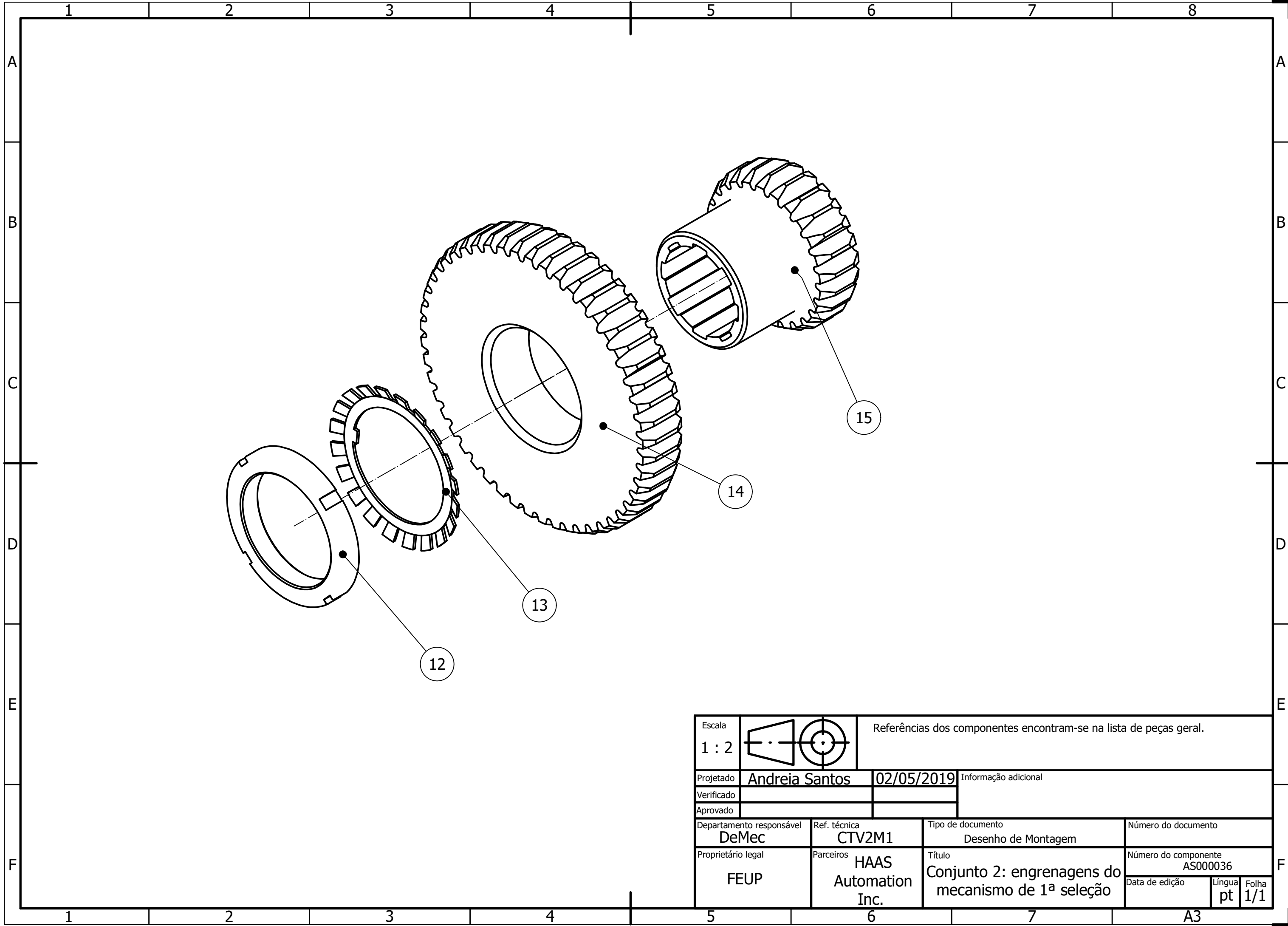
Escala			Referência dos componentes encontram-se na lista de peças geral.		
1 : 2					
Projetado	Andreia Santos	02/05/2019	Informação adicional		
Verificado					
Aprovado					
Departamento responsável	DeMec	Ref. técnica	CTV1	Tipo de documento	Número do documento
				Desenho de Montagem	
Proprietário legal	FEUP	Parceiros	HAAS Automation Inc.	Título	Número do componente
				Conjunto 6: veio de entrada	AS000039
				Data de edição	Língua
					pt
					Folha
					1/1



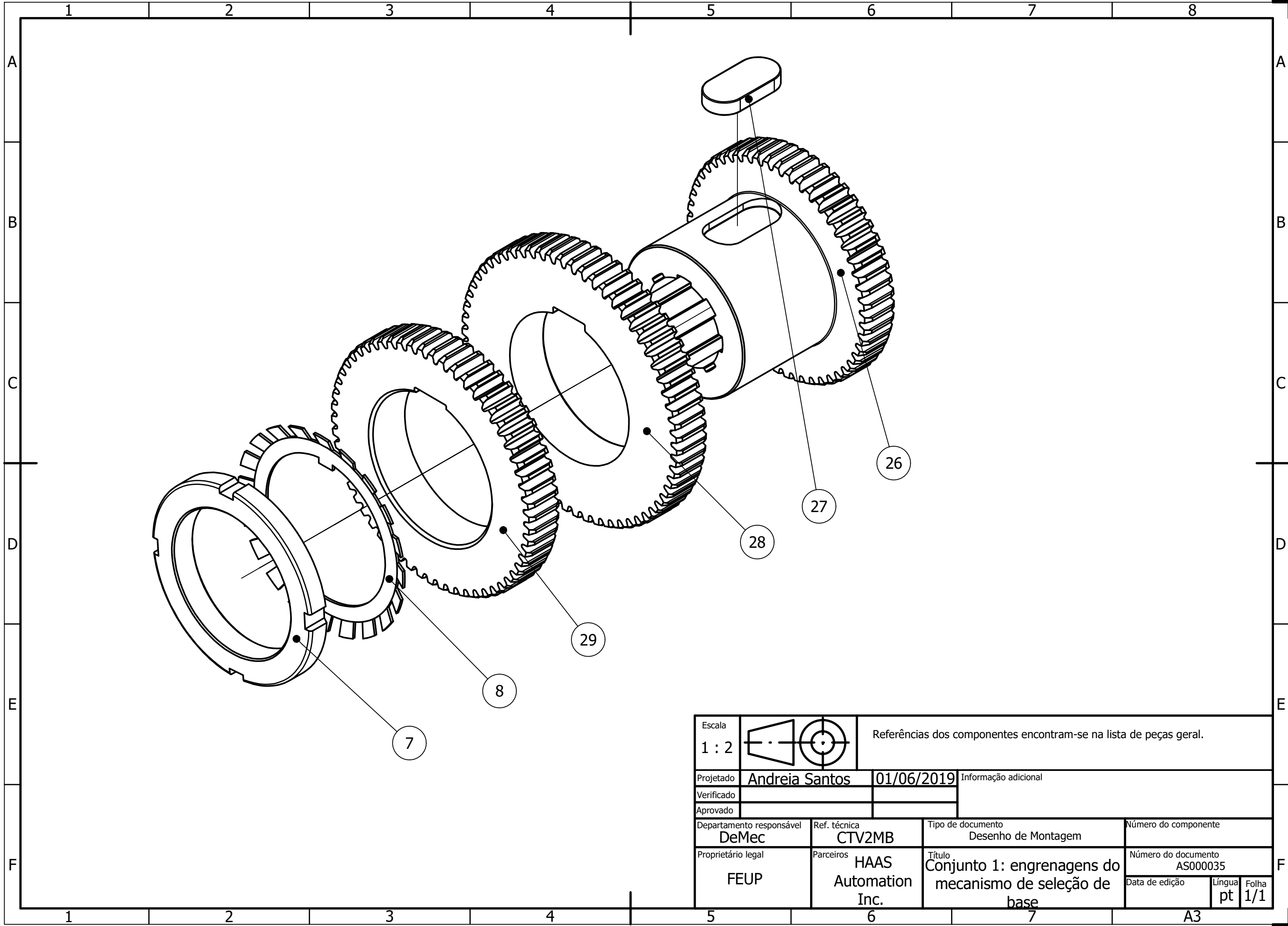
Escala 1 : 4				Referências dos componentes encontram-se na lista de peças geral			
Projetado		Andreia Santos		02/05/2019		Informação adicional	
Verificado							
Aprovado							
Departamento responsável DeMec		Ref. técnica CTV2		Tipo de documento Desenho de Montagem		Número do documento	
Proprietário legal FEUP		Parceiros HAAS Automation Inc.		Título Conjunto 3: veio intermédio		Número do componente AS000040	
						Data de edição		Língua pt	Folha 1/1



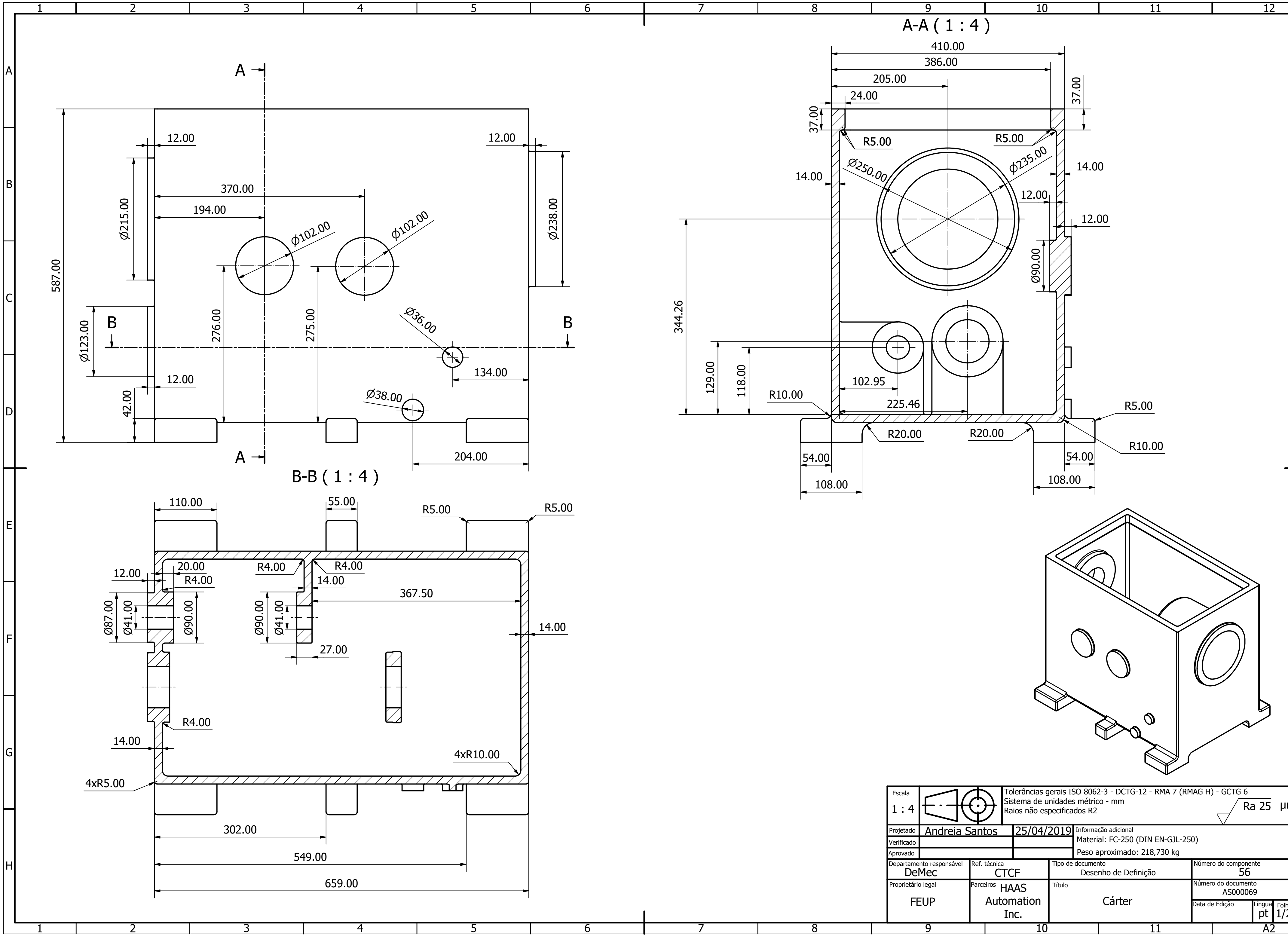
Escala			Referências dos componentes encontram-se na lista de peças geral.		
1 : 6					
Projetado	Andreia Santos	01/06/2019	Informação adicional		
Verificado					
Aprovado					
Departamento responsável	DeMec	Ref. técnica	CTV3	Tipo de documento	Número do componente
				Desenho de Montagem	
Proprietário legal	FEUP	Parceiros	HAAS Automation Inc.	Título	Número do documento
				Conjunto 7: árvore do cabeçote	AS000041
					Data de edição
					Língua
					Folha
					pt 1/1

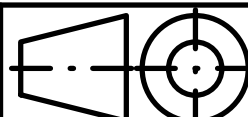



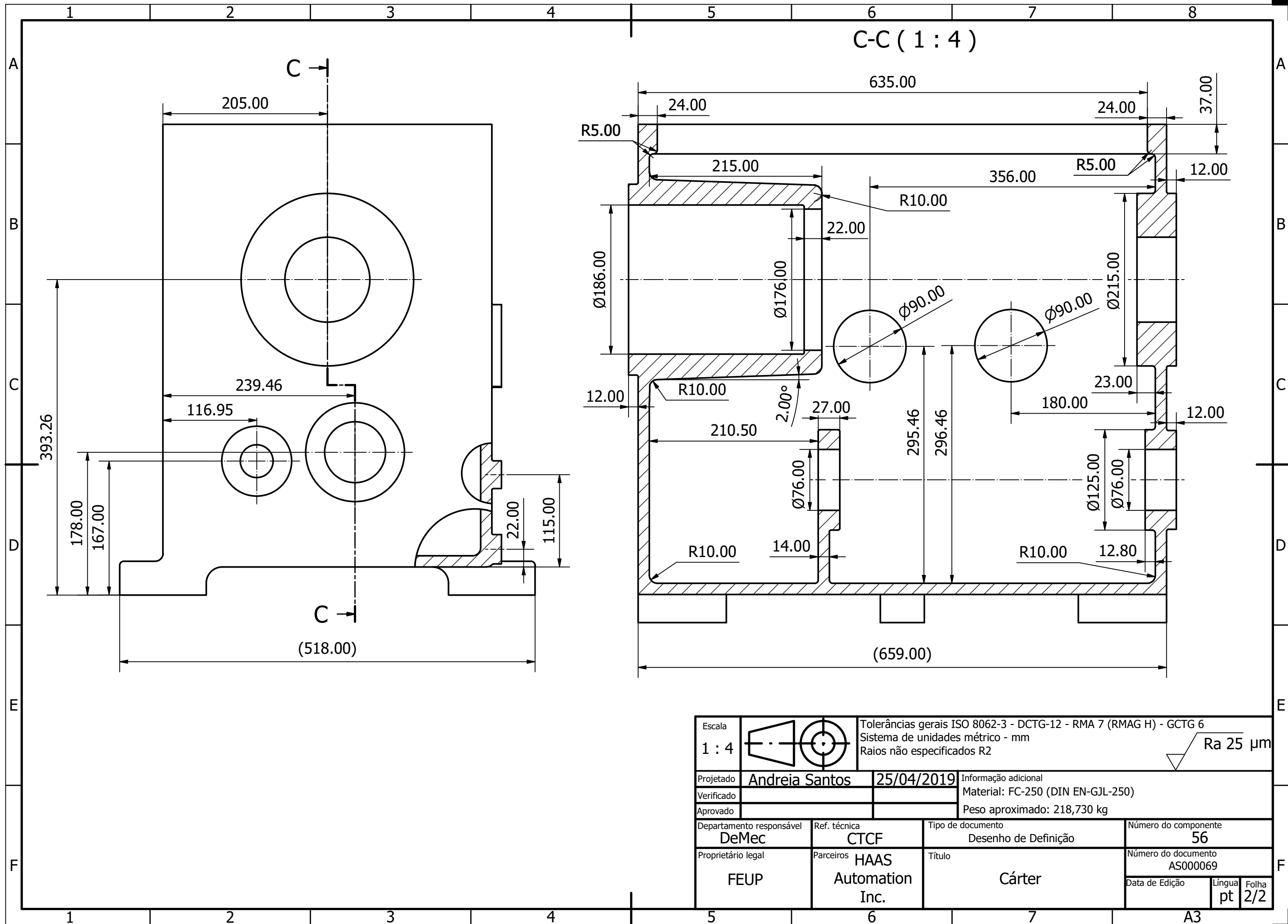
Escala			Referências dos componentes encontram-se na lista de peças geral.		
1 : 2					
Projetado	Andreia Santos		02/05/2019	Informação adicional	
Verificado					
Aprovado					
Departamento responsável		Ref. técnica	Tipo de documento		Número do documento
DeMec		CTV2M1	Desenho de Montagem		
Proprietário legal		Parceiros	Título		Número do componente
FEUP		HAAS Automation Inc.	Conjunto 2: engrenagens do mecanismo de 1ª seleção		AS000036
					Data de edição
					Língua
					pt
					Folha
					1/1

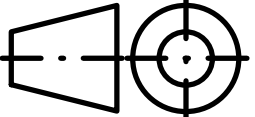



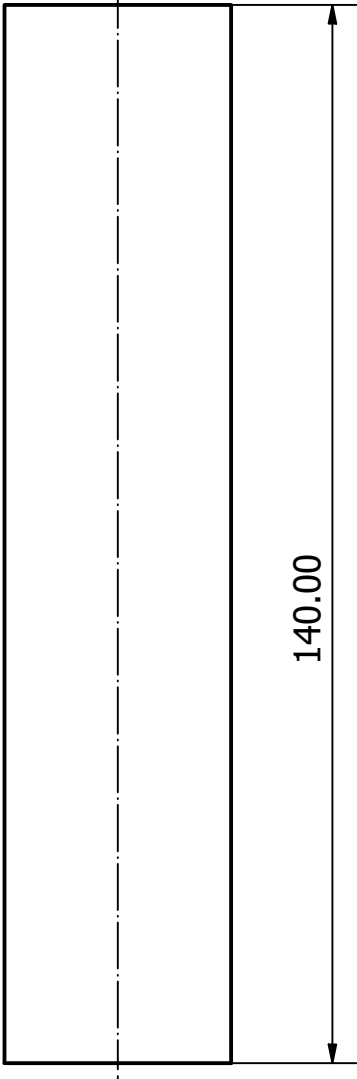
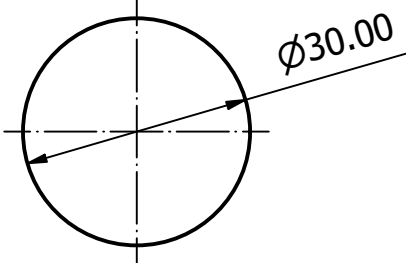
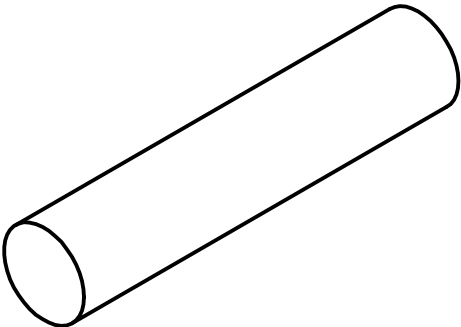
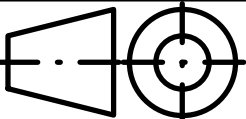
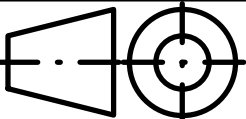
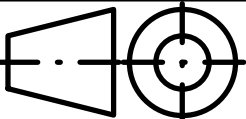
Escala			Referências dos componentes encontram-se na lista de peças geral.		
1 : 2					
Projetado	Andreia Santos	01/06/2019	Informação adicional		
Verificado					
Aprovado					
Departamento responsável	DeMec	Ref. técnica	CTV2MB	Tipo de documento	
				Desenho de Montagem	
Proprietário legal	FEUP	Parceiros	HAAS Automation Inc.	Número do componente	
				Número do documento	
				AS000035	
				Título	
				Conjunto 1: engrenagens do mecanismo de seleção de base	
				Data de edição	Língua
					pt
					Folha
					1/1

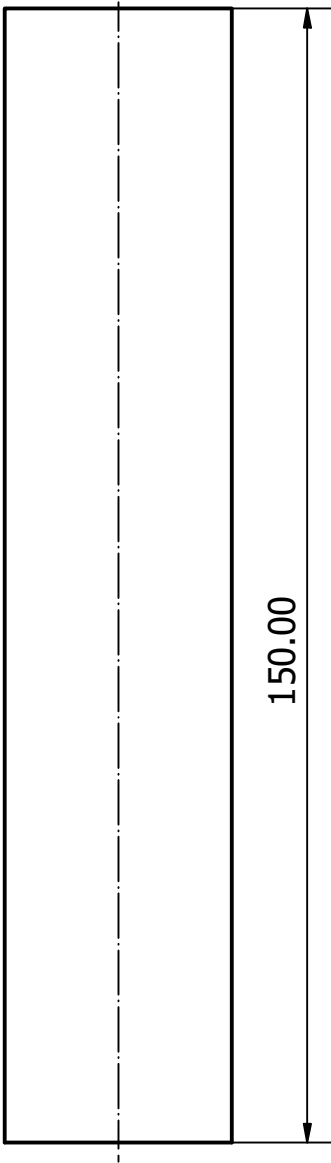
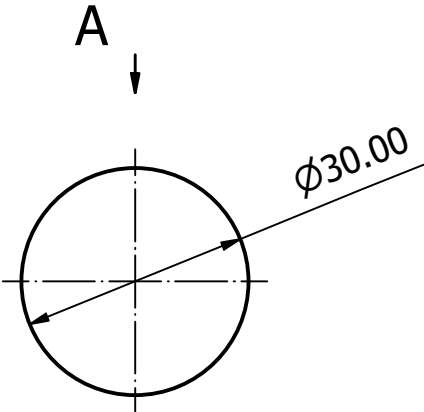
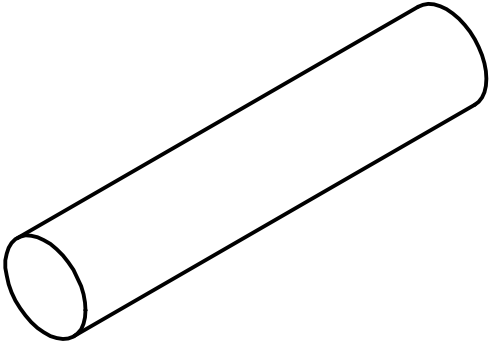
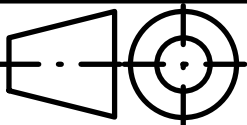
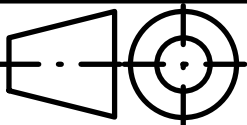
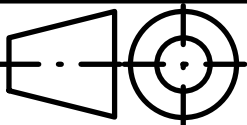


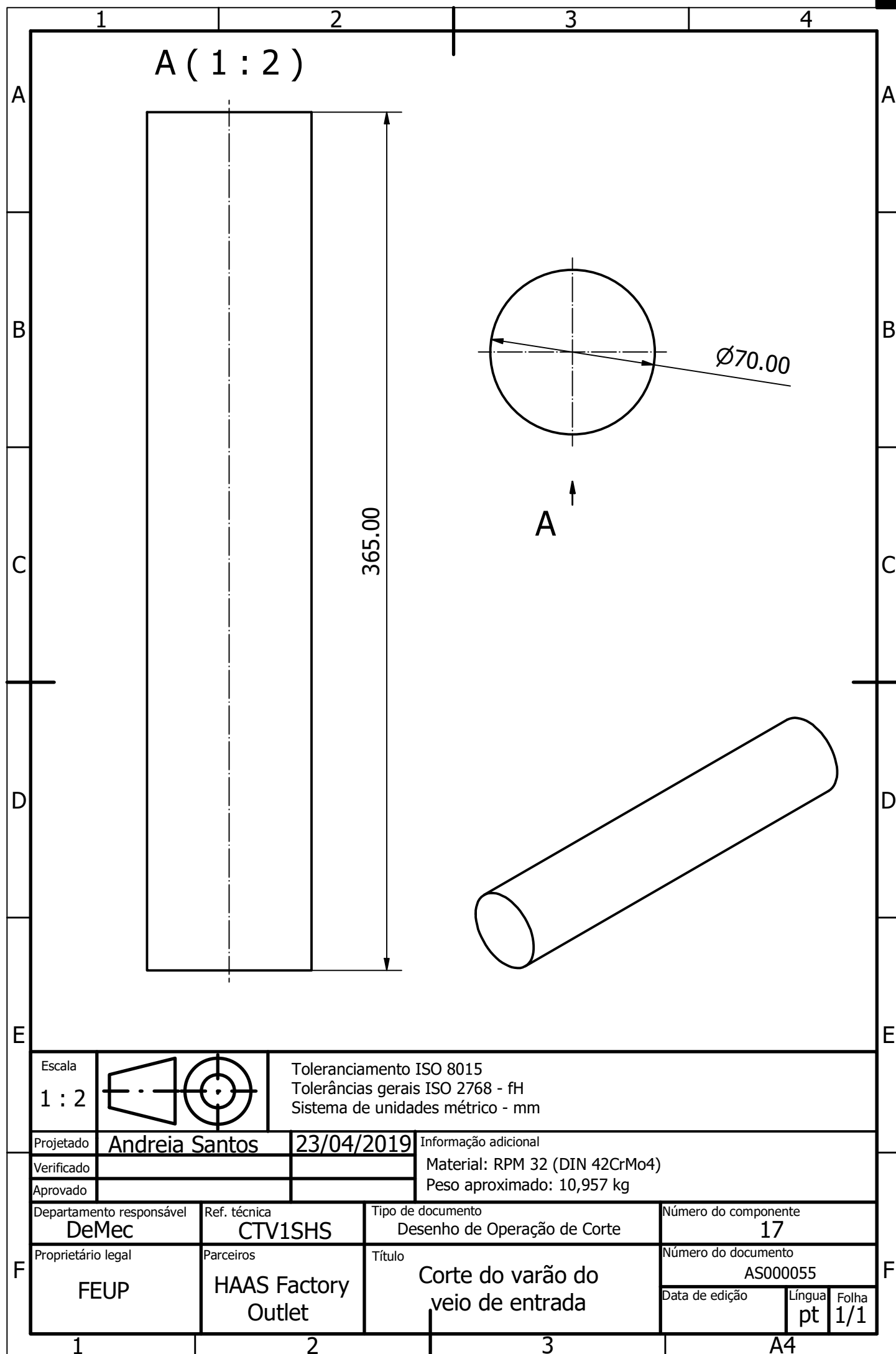
Escala			Tolerâncias gerais ISO 8062-3 - DCTG-12 - RMA 7 (RMAG H) - GCTG 6		
1 : 4			Sistema de unidades métrico - mm		
			Raios não especificados R2		
			 Ra 25 μm		
Projetado	Andreia Santos	25/04/2019	Informação adicional		
Verificado			Material: FC-250 (DIN EN-GJL-250)		
Aprovado			Peso aproximado: 218,730 kg		
Departamento responsável		Ref. técnica	Tipo de documento		Número do componente
DeMec		CTCF	Desenho de Definição		56
Proprietário legal		Parceiros	Título		Número do documento
FEUP		HAAS Automation Inc.	Cárter		AS000069
					Data de Edição
					Língua
					pt
					Folha
					1/2



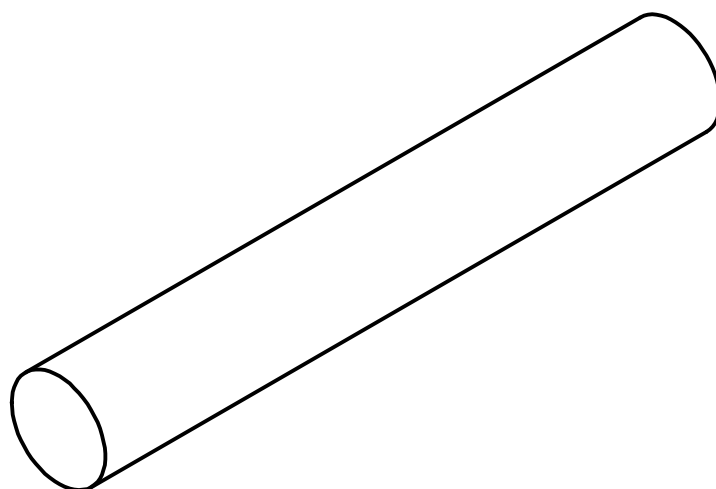
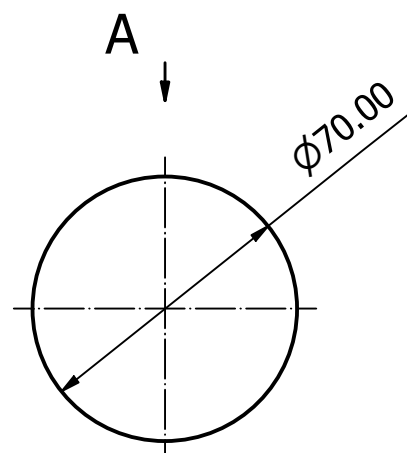
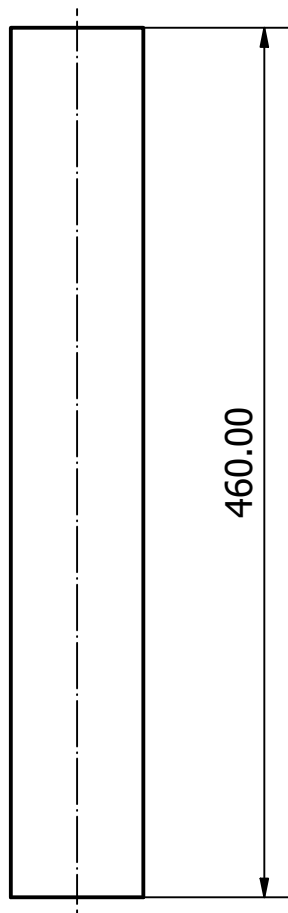
Escala 1 : 4				Tolerâncias gerais ISO 8062-3 - DCTG-12 - RMA 7 (RMAG H) - GCTG 6 Sistema de unidades métrico - mm Raios não especificados R2			 Ra 25 µm	
Projetado		Andreia Santos		25/04/2019		Informação adicional		
Verificado						Material: FC-250 (DIN EN-GJL-250)		
Aprovado						Peso aproximado: 218,730 kg		
Departamento responsável DeMec		Ref. técnica CTCF		Tipo de documento Desenho de Definição			Número do componente 56	
Proprietário legal FEUP		Parceiros HAAS Automation Inc.		Título Cárter			Número do documento AS000069	
							Data de Edição	
							Língua pt	
							Folha 2/2	

	1	2	3	4																																																															
A																																																																			
B	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>A (1 : 1)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>A</p>  </div> </div>																																																																		
C																																																																			
D																																																																			
E																																																																			
F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Escala</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">  </td> <td colspan="3"> Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm </td> </tr> <tr> <td>Projetado</td> <td>Andreia Santos</td> <td>24/04/2019</td> <td colspan="2" rowspan="3"> Informação adicional Material: F-10 (DIN Ck45) Peso aproximado: 0,666 kg </td> </tr> <tr> <td>Verificado</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aprovado</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Departamento responsável</td> <td>Ref. técnica</td> <td colspan="2">Tipo de documento</td> <td>Número do componente</td> </tr> <tr> <td colspan="2">DeMec</td> <td>CTM1SHC</td> <td colspan="2">Desenho de Operação de Corte</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Proprietário legal</td> <td>Parceiros</td> <td colspan="2">Título</td> <td>Número do documento</td> </tr> <tr> <td colspan="2">FEUP</td> <td>HAAS Factory Outlet</td> <td colspan="2">Corte do varão do veio do mecanismo de 1ª seleção</td> <td>AS000062</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>Data de edição</td> <td>Língua</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td></td> <td>pt</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>Folha</td> <td>1/1</td> </tr> <tr> <td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>A4</td></tr> </table>				Escala		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm			Projetado	Andreia Santos	24/04/2019	Informação adicional Material: F-10 (DIN Ck45) Peso aproximado: 0,666 kg		Verificado			Aprovado			Departamento responsável		Ref. técnica	Tipo de documento		Número do componente	DeMec		CTM1SHC	Desenho de Operação de Corte		55	Proprietário legal		Parceiros	Título		Número do documento	FEUP		HAAS Factory Outlet	Corte do varão do veio do mecanismo de 1ª seleção		AS000062					Data de edição	Língua						pt					Folha	1/1		1	2	3	A4
Escala		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm																																																																	
Projetado	Andreia Santos	24/04/2019	Informação adicional Material: F-10 (DIN Ck45) Peso aproximado: 0,666 kg																																																																
Verificado																																																																			
Aprovado																																																																			
Departamento responsável		Ref. técnica	Tipo de documento		Número do componente																																																														
DeMec		CTM1SHC	Desenho de Operação de Corte		55																																																														
Proprietário legal		Parceiros	Título		Número do documento																																																														
FEUP		HAAS Factory Outlet	Corte do varão do veio do mecanismo de 1ª seleção		AS000062																																																														
				Data de edição	Língua																																																														
					pt																																																														
				Folha	1/1																																																														
	1	2	3	A4																																																															

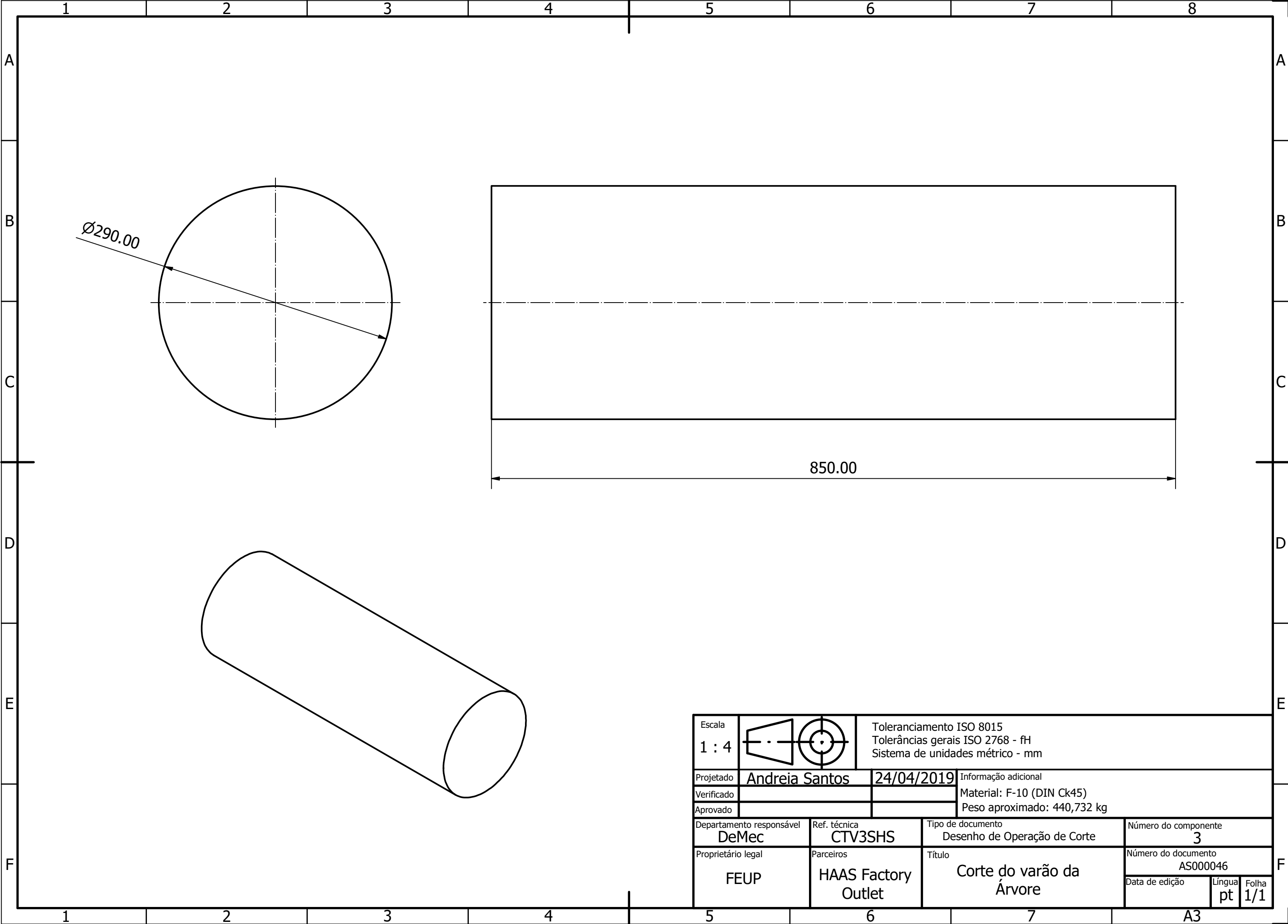
	1	2	3	4																																																							
A	<div style="text-align: center;">A (1 : 1)</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>150.00</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Ø30.00</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>				A																																																						
B					B																																																						
C					C																																																						
D					D																																																						
E	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Escala</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">  </td> <td colspan="2"> Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm </td> </tr> <tr> <td>Projetado</td> <td>Andreia Santos</td> <td>24/04/2019</td> <td rowspan="3"> Informação adicional Material: F-10 (DIN Ck45) Peso aproximado: 0,833 kg </td> </tr> <tr> <td>Verificado</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aprovado</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Departamento responsável</td> <td>Ref. técnica</td> <td colspan="2">Tipo de documento</td> </tr> <tr> <td colspan="2">DeMec</td> <td>CTMBSHC</td> <td colspan="2">Desenho de Operação de Corte</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Número do componente</td> <td colspan="3">48</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Proprietário legal</td> <td>Parceiros</td> <td colspan="2">Título</td> </tr> <tr> <td colspan="2">FEUP</td> <td>HAAS Factory Outlet</td> <td colspan="2">Corte do varão do veio do mecanismo de seleção de base</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Número do documento</td> <td colspan="3">AS000060</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Data de edição</td> <td>Língua</td> <td colspan="2">Folha</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>pt</td> <td colspan="2">1/1</td> </tr> </table>				Escala		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm		Projetado	Andreia Santos	24/04/2019	Informação adicional Material: F-10 (DIN Ck45) Peso aproximado: 0,833 kg	Verificado			Aprovado			Departamento responsável		Ref. técnica	Tipo de documento		DeMec		CTMBSHC	Desenho de Operação de Corte		Número do componente		48			Proprietário legal		Parceiros	Título		FEUP		HAAS Factory Outlet	Corte do varão do veio do mecanismo de seleção de base		Número do documento		AS000060			Data de edição		Língua	Folha				pt	1/1		E
Escala		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm																																																									
Projetado	Andreia Santos	24/04/2019	Informação adicional Material: F-10 (DIN Ck45) Peso aproximado: 0,833 kg																																																								
Verificado																																																											
Aprovado																																																											
Departamento responsável		Ref. técnica	Tipo de documento																																																								
DeMec		CTMBSHC	Desenho de Operação de Corte																																																								
Número do componente		48																																																									
Proprietário legal		Parceiros	Título																																																								
FEUP		HAAS Factory Outlet	Corte do varão do veio do mecanismo de seleção de base																																																								
Número do documento		AS000060																																																									
Data de edição		Língua	Folha																																																								
		pt	1/1																																																								
F	1	2	3	A4	F																																																						

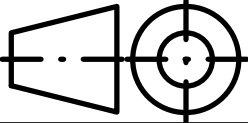


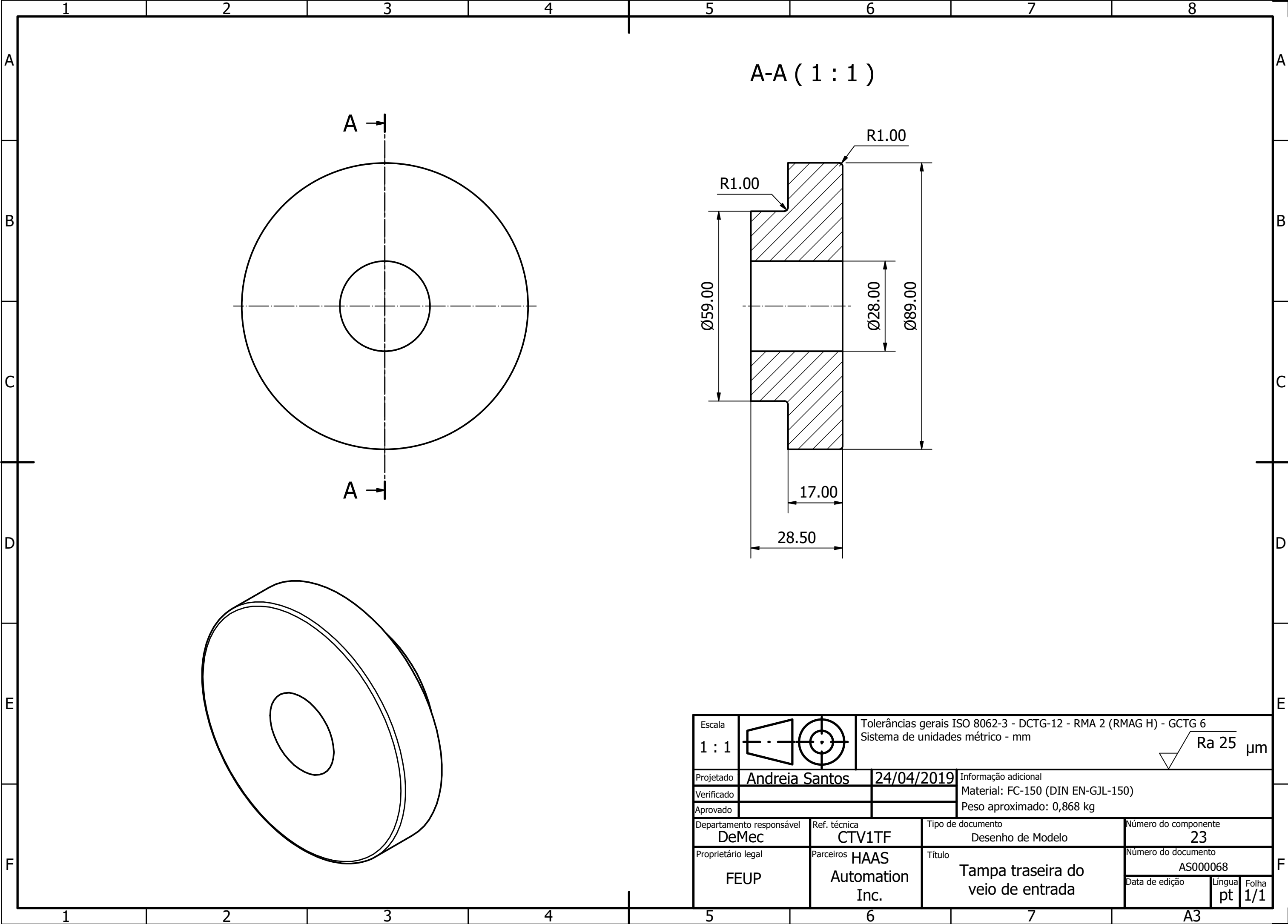
A (1 : 4)

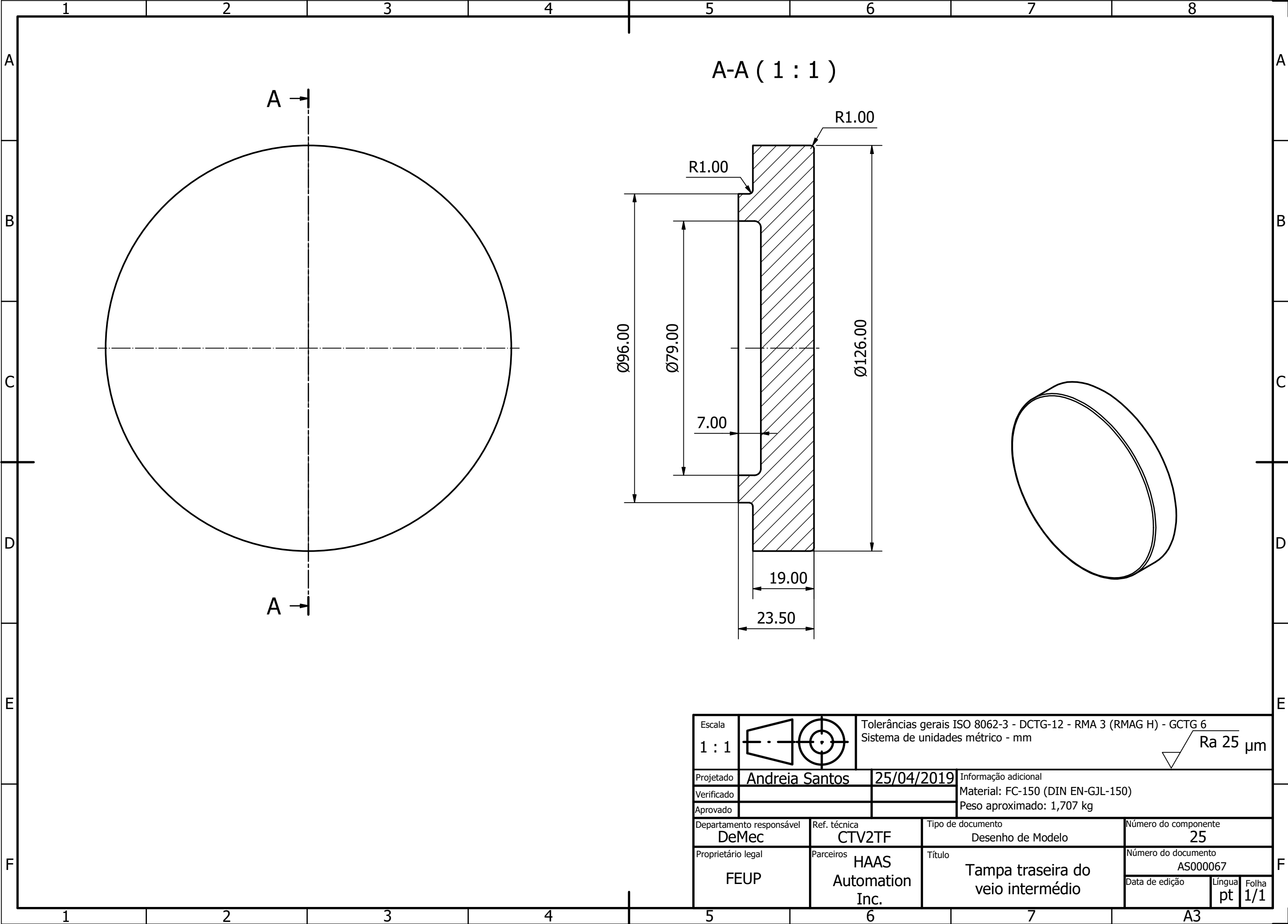


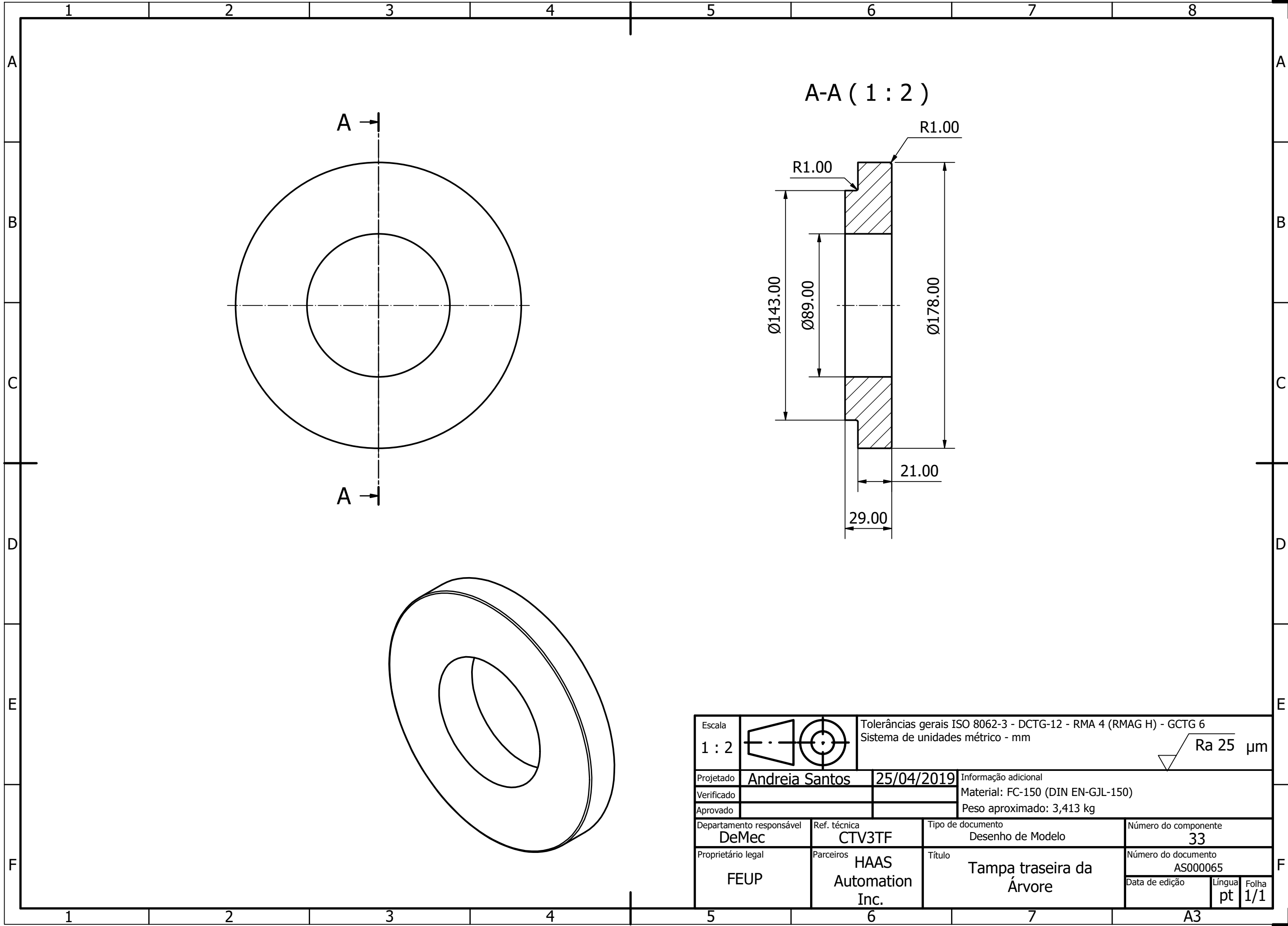
Escala 1 : 2		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm				
Projetado	Andreia Santos	23/04/2019	Informação adicional			
Verificado			Material: F-10 (DIN Ck45)			
Aprovado			Peso aproximado: 13,897 kg			
Departamento responsável DeMec	Ref. técnica CTV2SHC	Tipo de documento Desenho de Operação de Corte		Número do componente 16		
Proprietário legal FEUP	Parceiros HAAS Factory Outlet	Título Corte do varão do veio intermédio		Número do documento AS000050		
				Data de edição	Língua pt	Folha 1/1

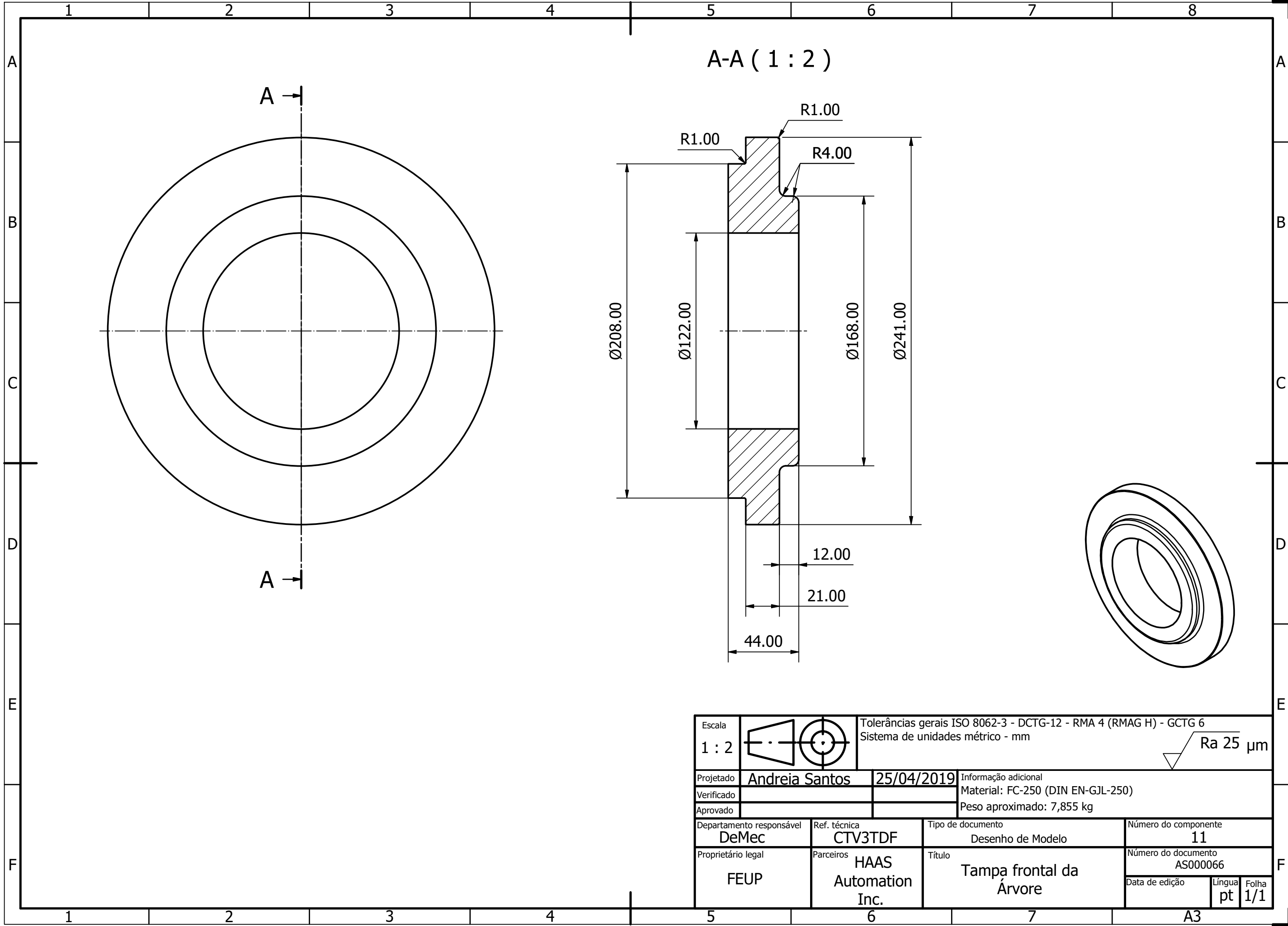


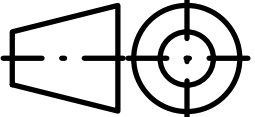

Escala			Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm		
Projetado	Andreia Santos		24/04/2019	Informação adicional	
Verificado				Material: F-10 (DIN Ck45)	
Aprovado				Peso aproximado: 440,732 kg	
Departamento responsável		Ref. técnica		Tipo de documento	
DeMec		CTV3SHS		Desenho de Operação de Corte	
Número do componente		3		Número do documento	
AS000046		Título		Corte do varão da Árvore	
FEUP		Parceiros		HAAS Factory Outlet	
Data de edição		Língua		Folha	
		pt		1/1	

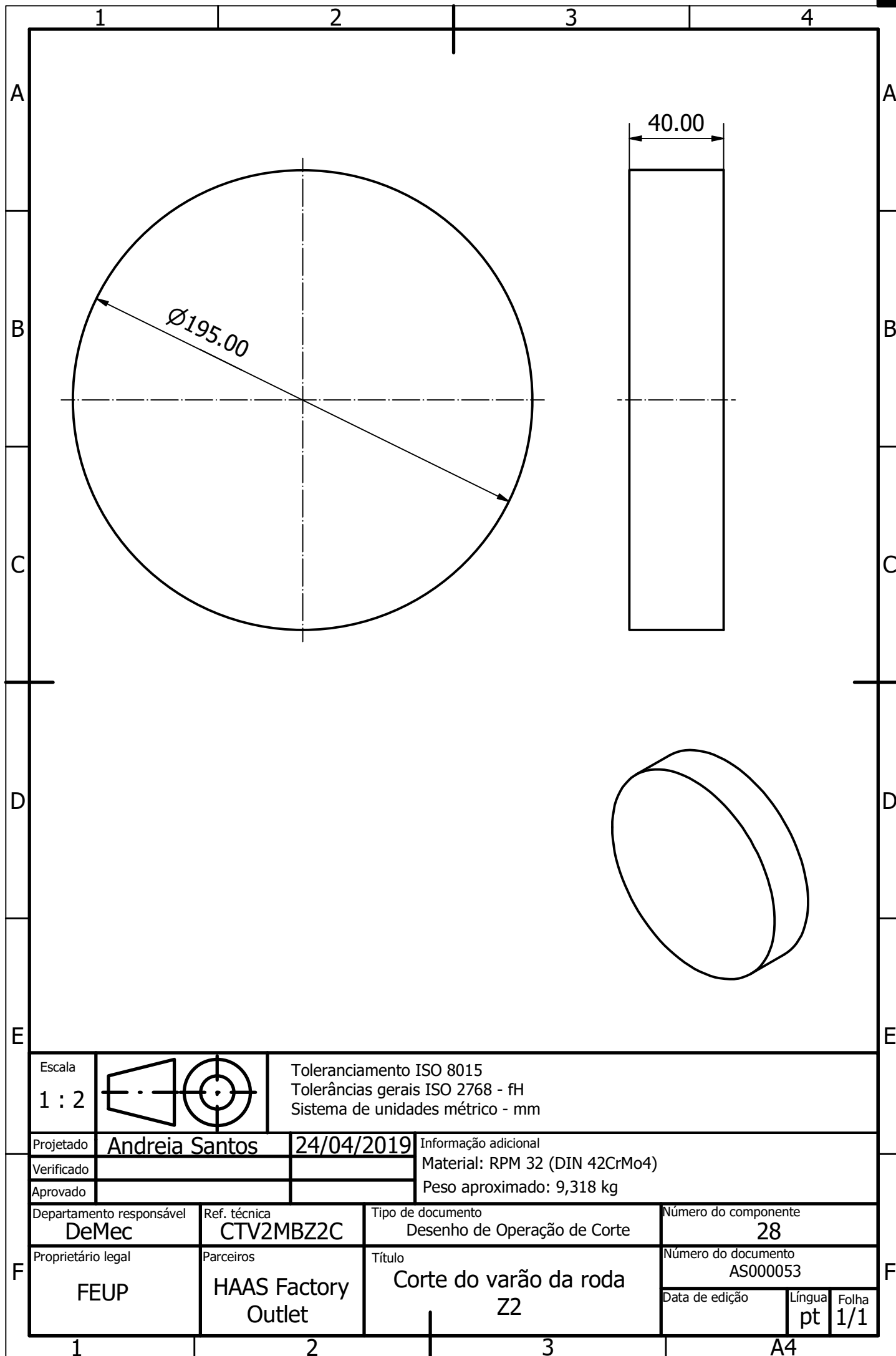






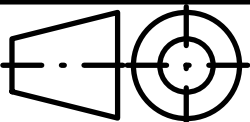


Escala 1 : 2				Tolerâncias gerais ISO 8062-3 - DCTG-12 - RMA 4 (RMAG H) - GCTG 6 Sistema de unidades métrico - mm			 Ra 25 µm		
Projetado		Andreia Santos		25/04/2019		Informação adicional			
Verificado						Material: FC-250 (DIN EN-GJL-250)			
Aprovado						Peso aproximado: 7,855 kg			
Departamento responsável DeMec		Ref. técnica CTV3TDF		Tipo de documento Desenho de Modelo			Número do componente 11		
Proprietário legal FEUP		Parceiros HAAS Automation Inc.		Título Tampa frontal da Árvore			Número do documento AS000066		
							Data de edição	Língua pt	Folha 1/1



Escala

1 : 2



Toleranciamento ISO 8015
Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH
Sistema de unidades métrico - mm

Projetado

Andreia Santos

24/04/2019

Informação adicional

Verificado

Material: RPM 32 (DIN 42CrMo4)

Aprovado

Peso aproximado: 9,318 kg

Departamento responsável

DeMec

Ref. técnica

CTV2MBZ2C

Tipo de documento

Desenho de Operação de Corte

Número do componente

28

Proprietário legal

FEUP

Parceiros

HAAS Factory
Outlet

Título

Corte do varão da roda
Z2

Número do documento

AS000053

Data de edição

Língua

pt

Folha

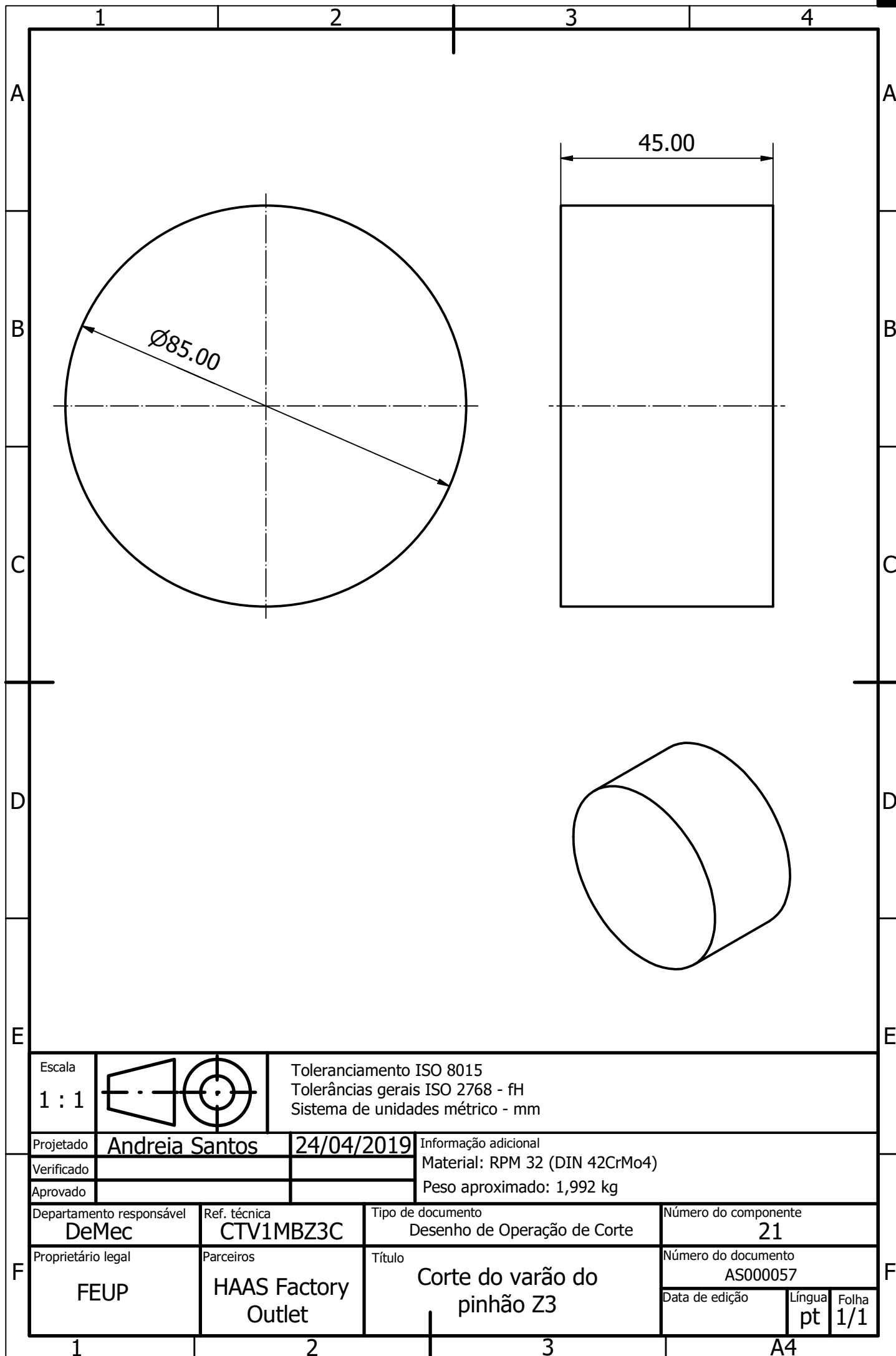
1/1

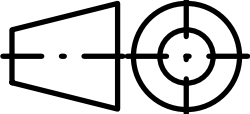
1

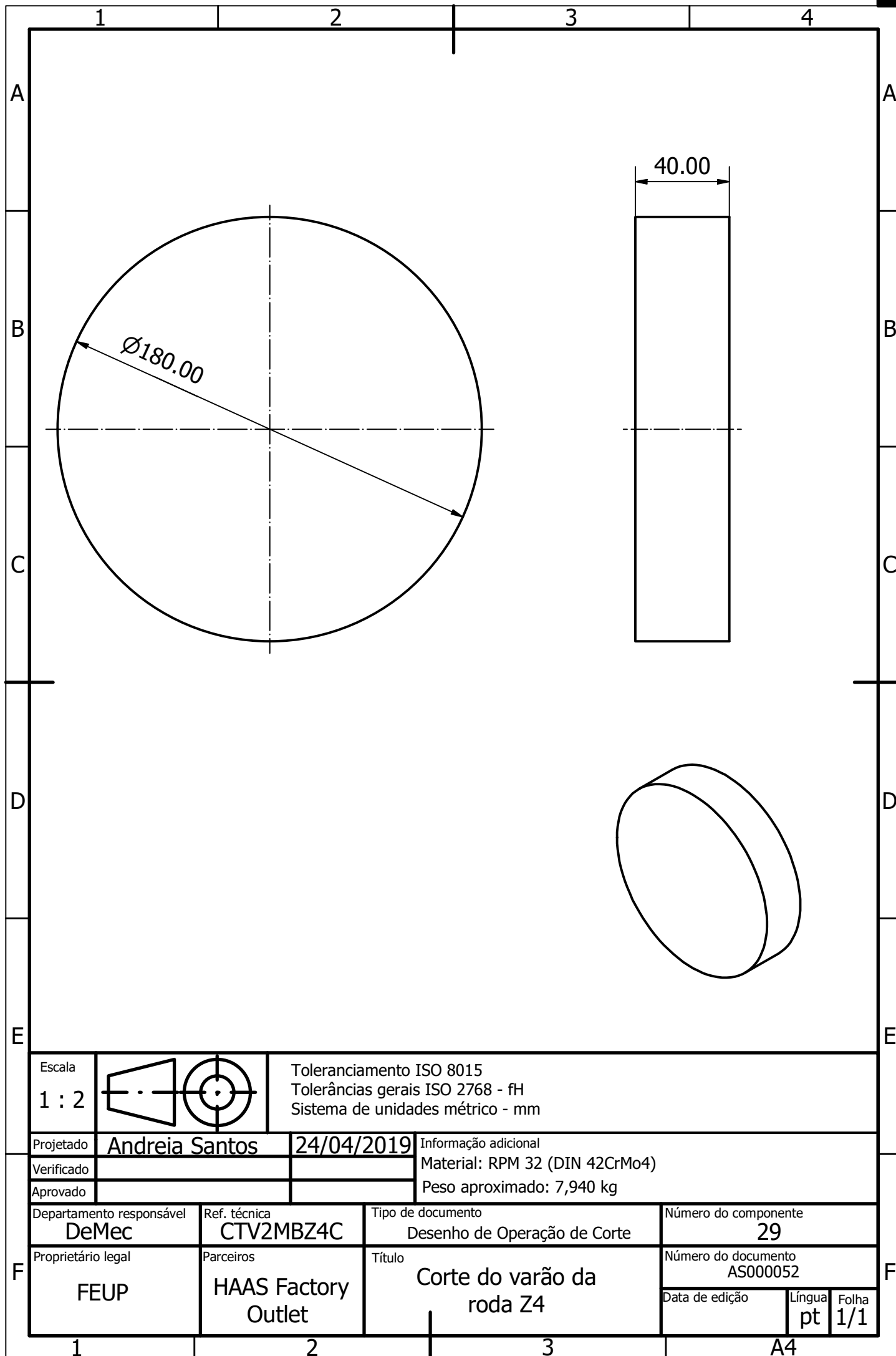
2

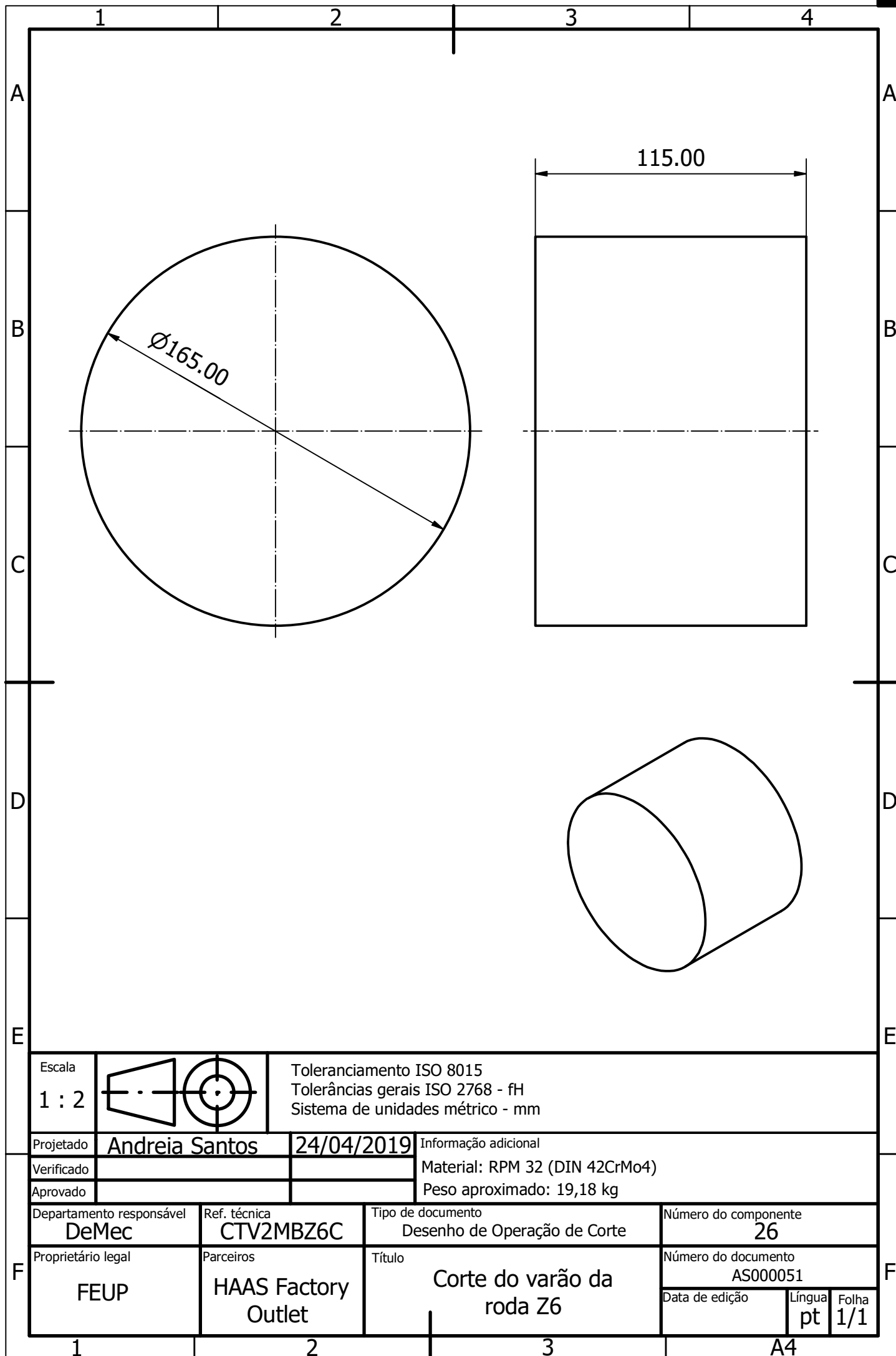
3

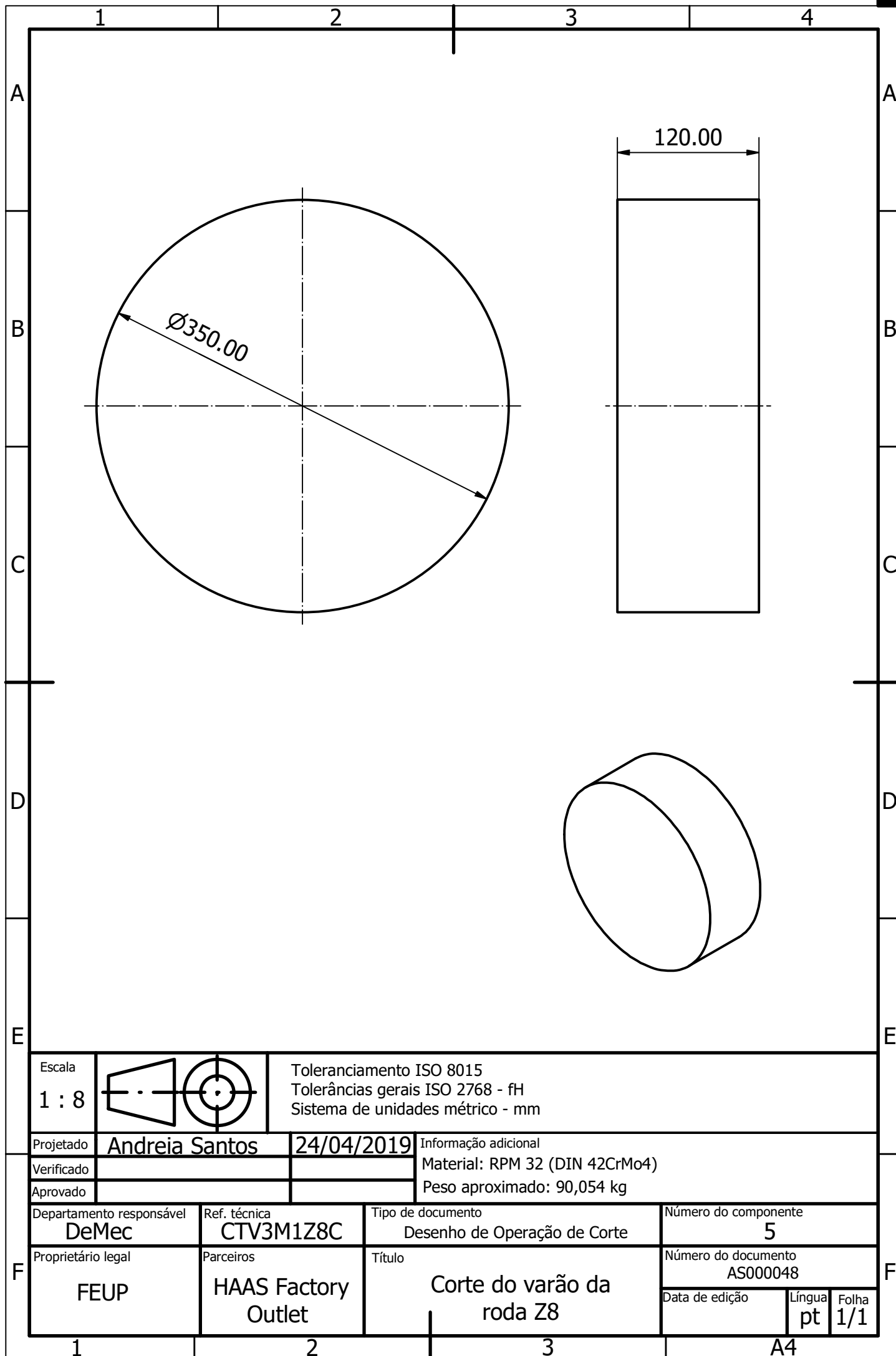
A4

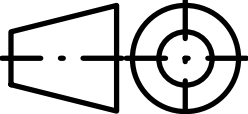


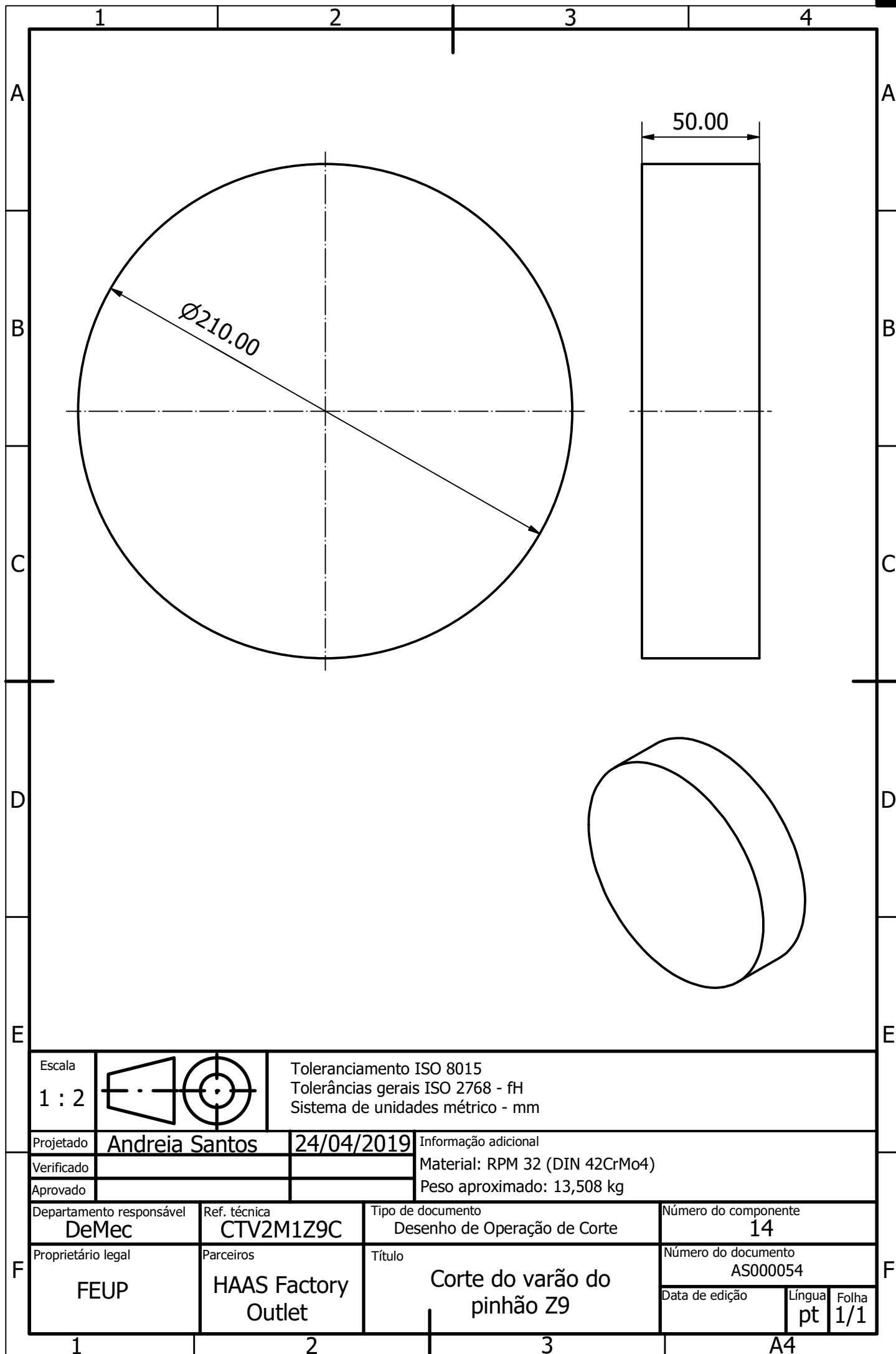
Escala			Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm		
Projetado	Andreia Santos	24/04/2019	Informação adicional Material: RPM 32 (DIN 42CrMo4) Peso aproximado: 1,992 kg		
Verificado					
Aprovado					
Departamento responsável	Ref. técnica	Tipo de documento		Número do componente	
DeMec	CTV1MBZ3C	Desenho de Operação de Corte		21	
Proprietário legal	Parceiros	Título		Número do documento	
FEUP	HAAS Factory Outlet	Corte do varão do pinhão Z3		AS000057	
				Data de edição	Língua
					pt
				Folha	
				1/1	

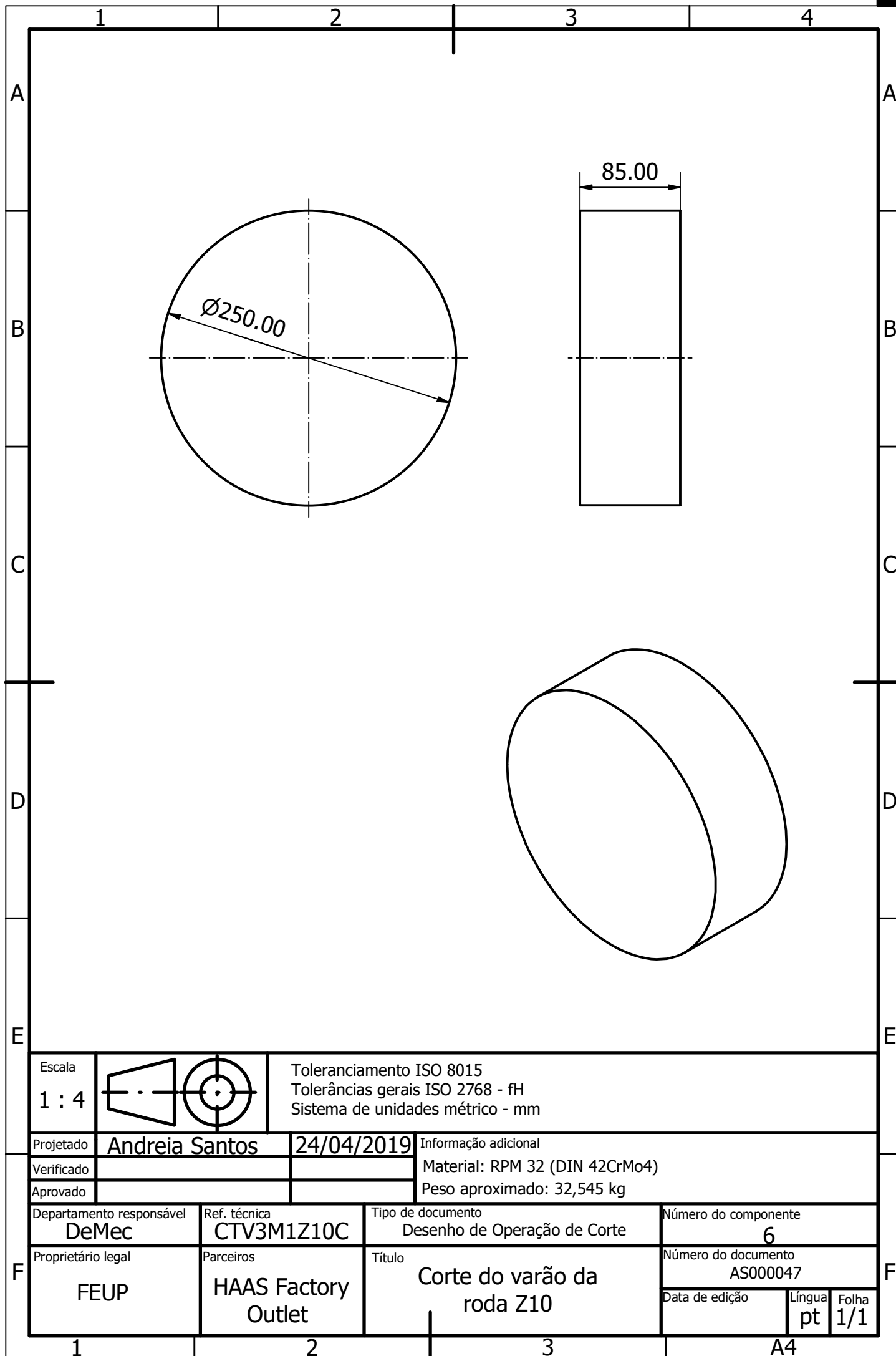


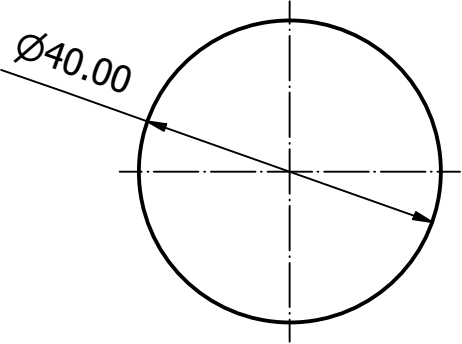
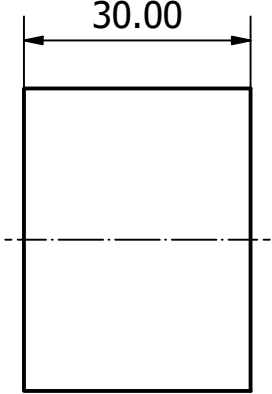
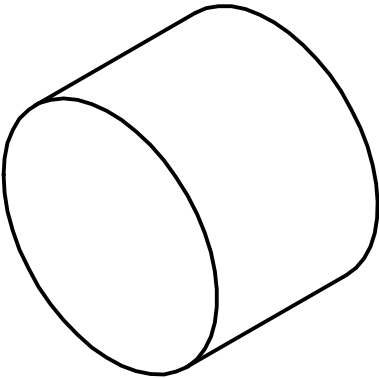
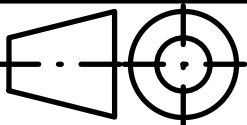


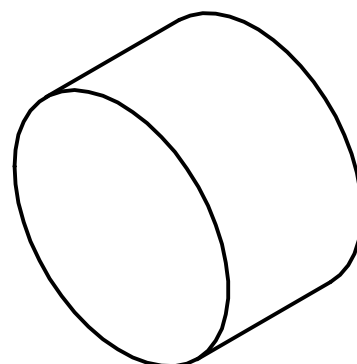
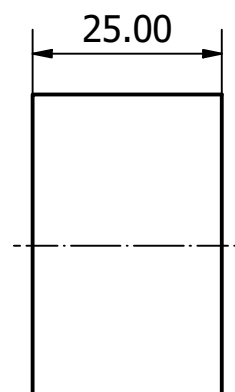
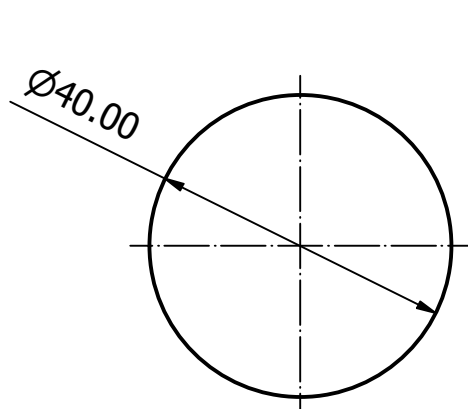


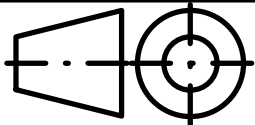
Escala		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm					
1 : 8							
Projetado	Andreia Santos	24/04/2019	Informação adicional				
Verificado			Material: RPM 32 (DIN 42CrMo4)				
Aprovado			Peso aproximado: 90,054 kg				
Departamento responsável		Ref. técnica	Tipo de documento		Número do componente		
DeMec		CTV3M1Z8C	Desenho de Operação de Corte		5		
Proprietário legal		Parceiros	Título		Número do documento		
FEUP		HAAS Factory Outlet	Corte do varão da roda Z8		AS000048		
					Data de edição	Língua	Folha
						pt	1/1

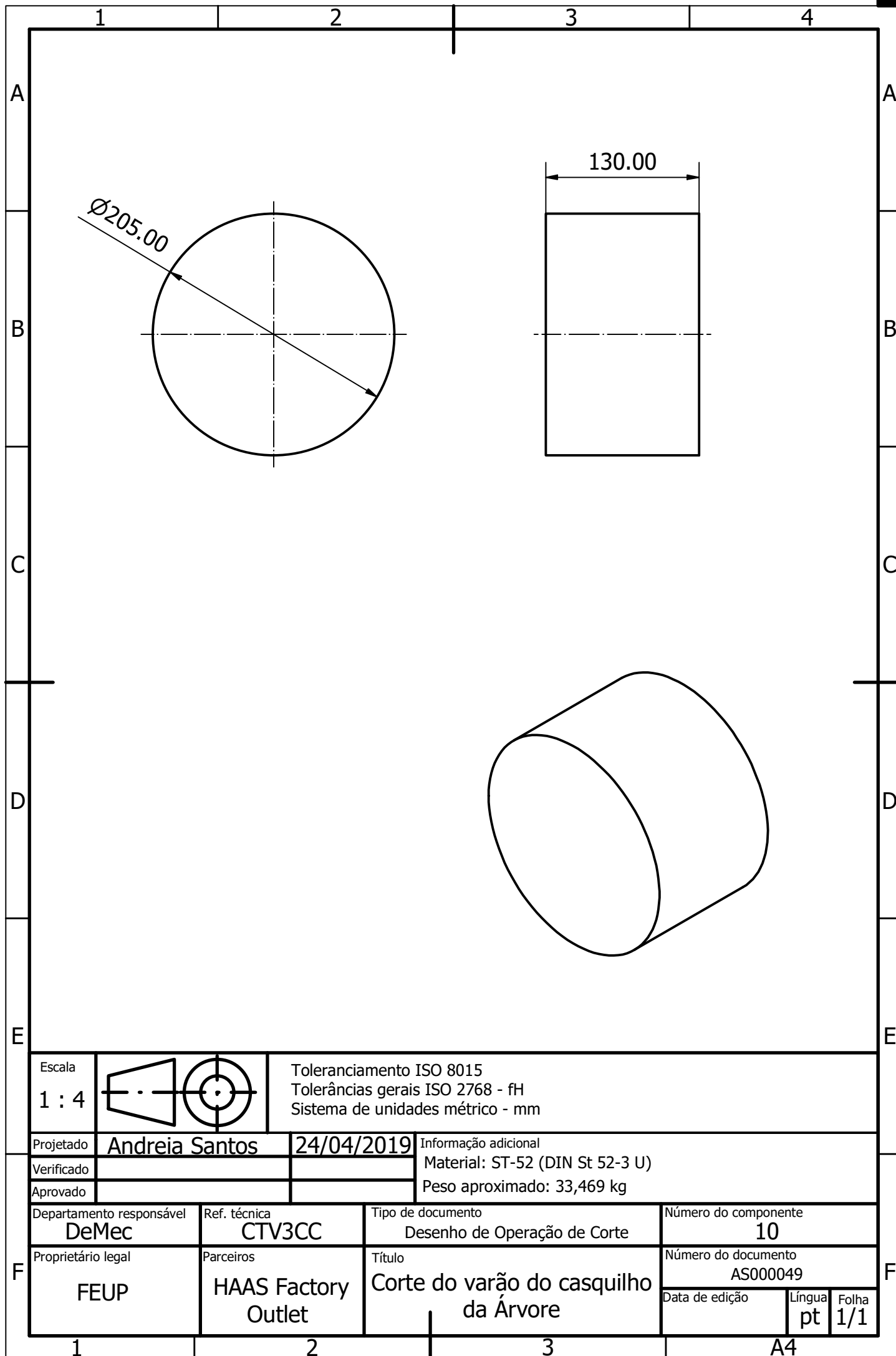




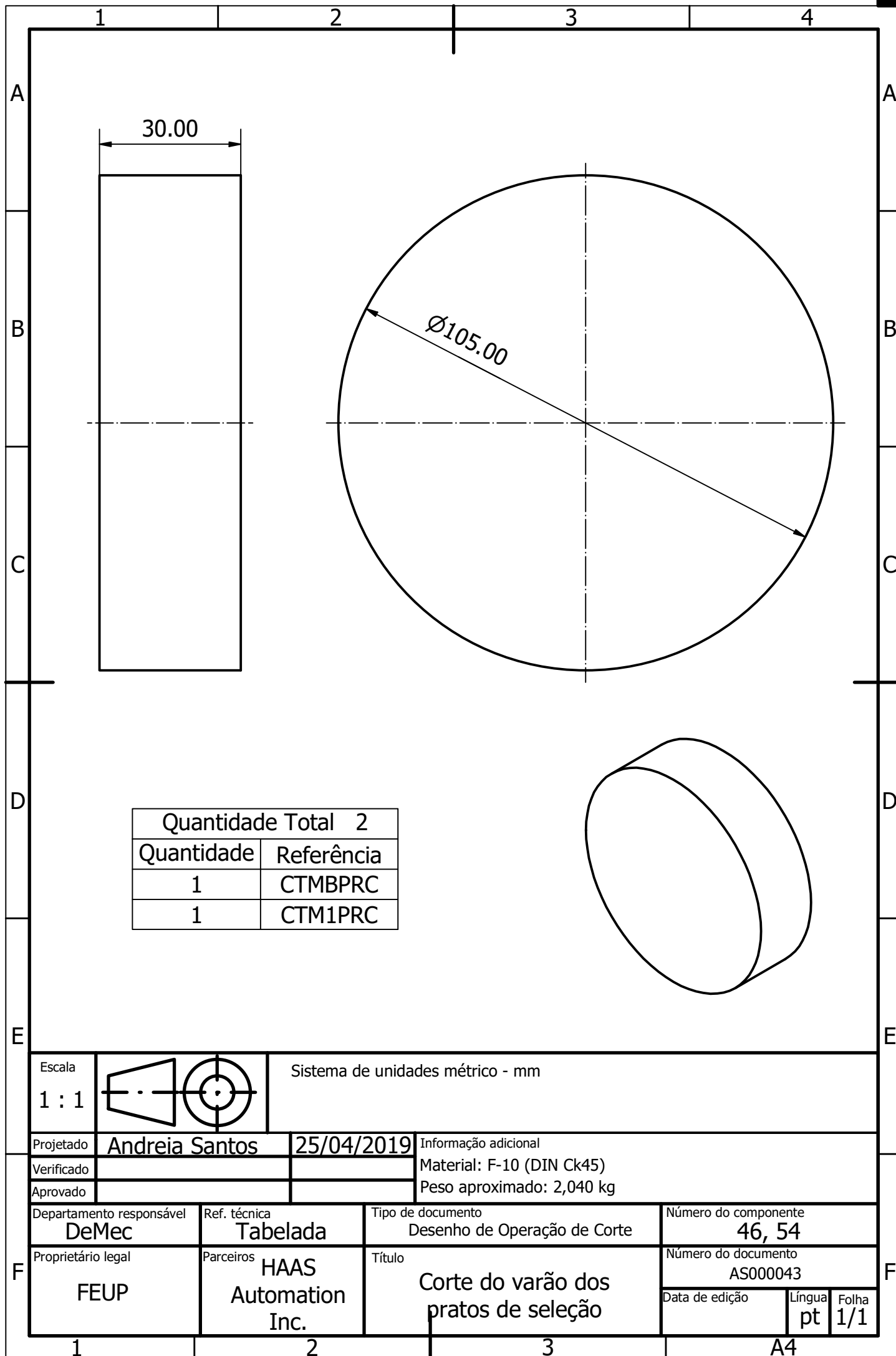
1	2	3	4		
A				A	
B				B	
C				C	
D				D	
E				E	
F				F	
Escala 1 : 1				Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm	
Projetado		Andreia Santos		24/04/2019	
Verificado				Informação adicional	
Aprovado				Material: ST-52 (DIN St 52-3 U) Peso aproximado: 0,295 kg	
Departamento responsável DeMec		Ref. técnica CTV1CEC		Tipo de documento Desenho de Operação de Corte	
Número do componente 22					
Proprietário legal FEUP		Parceiros HAAS Factory Outlet		Título Corte do varão do casquilho do veio de entrada	
Número do documento AS000058					
Data de edição		Língua pt		Folha 1/1	
1	2	3	A4		

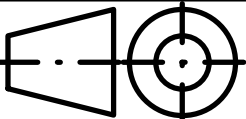


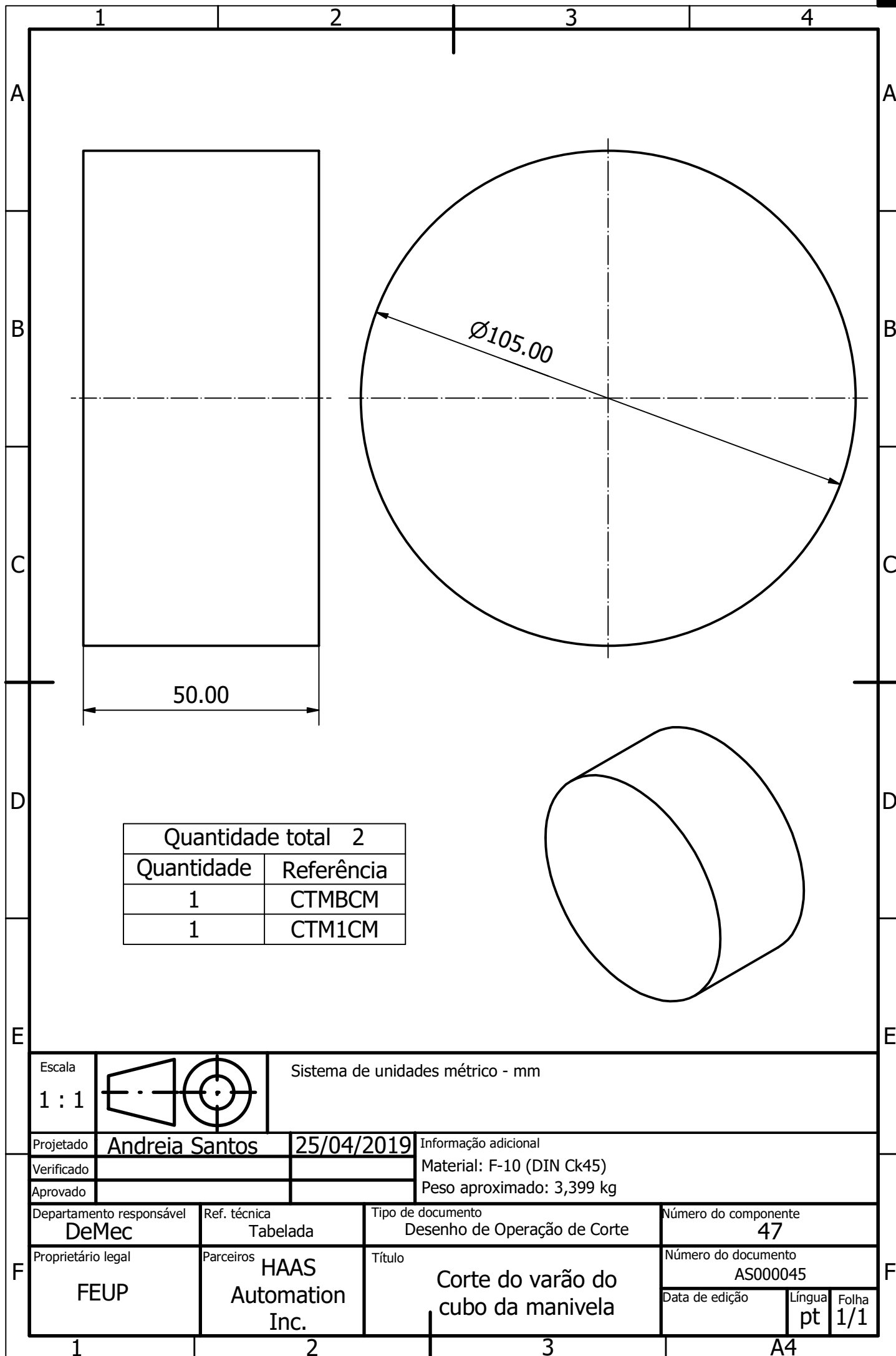
Escala 1 : 1			Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm		
Projetado	Andreia Santos	24/04/2019	Informação adicional		
Verificado			Material: ST-52 (DIN St 52-3 U)		
Aprovado			Peso aproximado:0,246 kg		
Departamento responsável DeMec		Ref. técnica CTV1CDC	Tipo de documento Desenho de Operação de Corte		Número do componente 18
Proprietário legal FEUP		Parceiros HAAS Factory Outlet	Título Corte do varão do casquilho do veio de entrada		Número do documento AS000059
			Data de edição	Língua pt	Folha 1/1

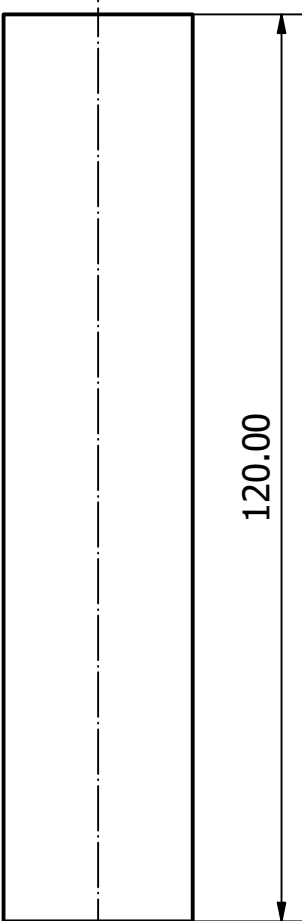
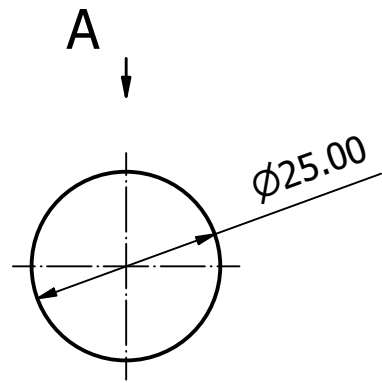
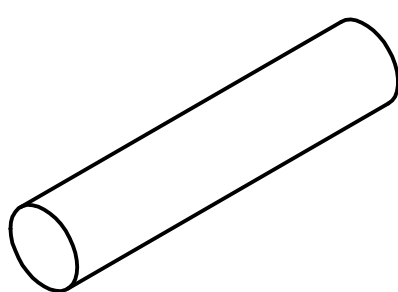
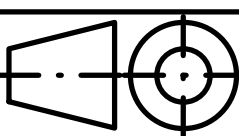
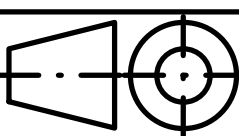
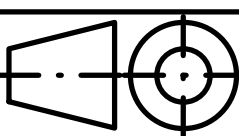


	1	2	3	4
A	<div><div><div>70.00</div><div>70.00</div></div></div>			
B				
C	<div><div>200.00</div></div>			
D	<div><div></div></div>			
E				
F	Escala 1 : 2		<div><div></div><div></div></div> <div>Sistema de unidades métrico - mm</div>	
	Projetado Andreia Santos		25/04/2019	
	Verificado		Material: F-10 (DIN Ck45)	
	Aprovado		Peso aproximado: 7,693 kg	
	Departamento responsável DeMec		Ref. técnica CTM1BC	
	Proprietário legal FEUP		Tipo de documento Desenho de Operação de Corte	
	Parceiros HAAS Automation Inc.		Número do componente 53	
			Número do documento AS000063	
			Título Corte do varão da biela do mecanismo de 1a seleção	
			Data de edição	
			Língua pt	
			Folha 1/1	
	1	2	3	A4



	1	2	3	4			
A	<div><div><div>120.00</div><div>80.00</div></div></div>				A		
B					B		
C	<div><div><div>200.00</div></div></div>				C		
D	<div><div></div></div>				D		
E					E		
F	Escala 1 : 2				Sistema de unidades métrico - mm		
	Projetado		Andreia Santos	25/04/2019	Informação adicional		
	Verificado				Material: F-10 (DIN Ck45)		
	Aprovado				Peso aproximado: 15,072 kg		
	Departamento responsável		Ref. técnica	Tipo de documento		Número do componente	
	DeMec		CTMBBC	Desenho de Operação de Corte		43	
	Proprietário legal		Parceiros	Título		Número do documento	
	FEUP		HAAS Automation Inc.	Corte do varão da biela do mec. sel. de base		AS000061	
					Data de edição	Língua	Folha
						pt	1/1
	1	2	3	A4			



	1	2	3	4																																																							
A	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>A (1 : 1)</p>  <p>120.00</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>A</p>  <p>Ø25.00</p> </div> </div>				A																																																						
B					B																																																						
C					C																																																						
D					D																																																						
E	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Quantidade total 2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Quantidade</td> <td style="text-align: center;">Referência</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">CTMBMNC</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">CTM1MNC</td> </tr> </table>				Quantidade total 2		Quantidade	Referência	1	CTMBMNC	1	CTM1MNC	E																																														
Quantidade total 2																																																											
Quantidade	Referência																																																										
1	CTMBMNC																																																										
1	CTM1MNC																																																										
F	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 10%;">Escala</td> <td style="width: 15%;">  </td> <td colspan="2"> Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm </td> </tr> <tr> <td>Projetado</td> <td>Andreia Santos</td> <td>24/04/2019</td> <td rowspan="3"> Informação adicional Material: F-10 (DIN Ck45) Peso aproximado: 0,463 kg </td> </tr> <tr> <td>Verificado</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aprovado</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Departamento responsável</td> <td>Ref. técnica</td> <td colspan="2">Tipo de documento</td> </tr> <tr> <td colspan="2">DeMec</td> <td>Tabelada</td> <td colspan="2">Desenho de Operação de Corte</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Número do componente</td> <td colspan="3">45</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Proprietário legal</td> <td>Parceiros</td> <td colspan="2">Número do documento</td> </tr> <tr> <td colspan="2">FEUP</td> <td>HAAS Factory Outlet</td> <td colspan="2">AS000044</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Título</td> <td colspan="2">Corte do varão da manivela</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Data de edição</td> <td>Língua</td> <td colspan="2">Folha</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>pt</td> <td colspan="2">1/1</td> </tr> </table>				Escala		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm		Projetado	Andreia Santos	24/04/2019	Informação adicional Material: F-10 (DIN Ck45) Peso aproximado: 0,463 kg	Verificado			Aprovado			Departamento responsável		Ref. técnica	Tipo de documento		DeMec		Tabelada	Desenho de Operação de Corte		Número do componente		45			Proprietário legal		Parceiros	Número do documento		FEUP		HAAS Factory Outlet	AS000044		Título		Corte do varão da manivela			Data de edição		Língua	Folha				pt	1/1		F
Escala		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm																																																									
Projetado	Andreia Santos	24/04/2019	Informação adicional Material: F-10 (DIN Ck45) Peso aproximado: 0,463 kg																																																								
Verificado																																																											
Aprovado																																																											
Departamento responsável		Ref. técnica	Tipo de documento																																																								
DeMec		Tabelada	Desenho de Operação de Corte																																																								
Número do componente		45																																																									
Proprietário legal		Parceiros	Número do documento																																																								
FEUP		HAAS Factory Outlet	AS000044																																																								
Título		Corte do varão da manivela																																																									
Data de edição		Língua	Folha																																																								
		pt	1/1																																																								
	1	2	3	A4																																																							

ANEXO S: Noções de programação CNC - Código G

"O controle numérico (CN) é um método de controlo dos movimentos de máquinas pela interpretação direta de instruções codificadas na forma de números e letras. O sistema interpreta os dados e gera o sinal de saída que controla os componentes da máquina.

O controlo numérico computadorizado (CNC) é uma evolução do controlo numérico que, substituiu o controlo por hardware por controlo por software. Foram desenvolvidos dois tipos de sistemas: o controlo numérico direto e o controlo numérico computadorizado. A diferença reside no facto de no primeiro um único computador central controlar várias máquinas e no segundo cada máquina ser equipada com o seu próprio processador.

O CNC é um sistema que utiliza um microcomputador para controlar a máquina. Este microcomputador é parte integrante do equipamento. O programa pode ser preparado remotamente em sistema integrados de projeto (CAD) e fabricação (CAM), onde o operador pode simular o programa CNC para verificar eventuais problemas que poderiam ocorrer durante o processo real de maquinagem. Também é possível preparar o programa na própria máquina que normalmente dispõe de teclado e ecrã." Adaptado de [61].

"O código G é uma linguagem de programação para CNC que instrui as máquinas para se moverem de ser forma e num determinado momento. A maioria das máquinas fala um "dialecto" diferente de código-G, portanto, os códigos variam dependendo do tipo, marca e modelo. Cada máquina vem com um manual de instruções que mostra o código específico da máquina para uma função específica.

O código G significa "código geométrico" e segue algumas variações do padrão alfanumérico:

N ## G ## X ## S ## Z ## F ## S ## T ## M ##

N: Número da linha

G: Movimento

X: Posição horizontal

Y: Posição vertical

Z: Profundidade

F: Avanço

S: Velocidade do "*spindle*"

T: Seleção de ferramentas

M: Funções diversas

I e J: Centro incremental de um arco

R: Raio de arco

Os códigos alfanuméricos são usados para programação pois, são uma maneira simples de:

- definir movimento e função (G ##);
- definir uma posição (X ## Y ## Z ##);
- definir um valor (F ## e / ou S ##);
- seleccionar um item (T ##);
- ligar e desligar algo (M ##), como refrigerante, eixos, movimento de indexação, bloqueios de eixos, entre outros.

Tudo o que uma máquina pode fazer é baseado em três tipos básicos de movimento:

- movimento rápido: um movimento linear para uma posição XYZ o mais rápido possível;
- movimento de avanço: um movimento linear para uma posição XYZ a uma taxa de avanço definida;
- movimento circular: movimento circular a uma taxa de avanço definida.

Todo código-G dá informação à máquina da variação desses movimentos básicos que deve ser executada e como realizá-la."Adaptado de [62].